

むきざい、NOW



科学技術庁 無機材質研究所

NIRIM National Institute for Research in Inorganic Materials MAY 1998

No.169

[特集]

平成10年度 新グループ・センター紹介

CONTENTS

特集	
平成10年度 新グループ・センター紹介	
1	平成10年度のスタートに当たって
2	第1研究グループ
3	第4研究グループ
4	第12研究グループ
5	第13研究グループ
6	先端機能性材料研究センター
7	ニュース(無機材質研究所の運営評価・行事)
7	編集後記

平成10年度のスタートに当たって



総括無機材質研究官
加茂睦和

無機材質研究所は1966年の創立以来、他の国立研究所にない独特のグループ研究体制をとっています。その特徴として、グループ研究の課題は所員からの公募をもとに選定され、研究期間は原則として5年間に限定されています。

今年度の4研究グループの解散再編成に当たっては5件の研究課題の提案があり、また先端機能性材料研究センターの研究計画の見直し提案も行われました。提案された課題は研究所外部からの2名の委員を含む課題検討分科会において検討されました。

課題検討分科会では、1.学術的・技術的意義、2.独創性、挑戦の度合い、波及効果、3.関連研究の世界的水準での位置、4.研究経過と将来への展開の可能性、5.その他、の5点について詳細に検討し、委員の意見のもとにそれぞれの提案課題について検討結果をまとめました。

各課題についてのコメントはともかく、総合的には4解散グループに対して5課題の提案は、競争的環境の確保という視点からは必ずしも十分ではないが、しかし提案された課題は全体的に有意義な課題もしくは計画と判断される、などの報告が行われました。

その報告をもとに所長によって、このニュースの次ページ以降に紹介する4研究課題と先端機能性材料研究センターの新しい研究計画が採択されましたが、これらの採択されたグループ及びセンターの研究期間はすべて5年となっております。

今年の2月に完成した共同研究棟については168号の無機材研ニュースで紹介されましたが、3月1日からの先端材料国際シンポジウム (ISAM'98) で使用を開始し、シンポジウム終了後各研究グループ、ステーション、センターの居室の移転を行いました。この建物の完成で居住環境が格段に改善されるとともに、研究スペースも広がり、今後一層研究活動が活発になるものと期待されます。



平成10年3月完成の共同研究棟

快適生活空間の実現と 地球環境に寄与する材料開発

蛍石型酸化物セラミックス



総合研究官
池上隆康

ZrO₂やCeO₂等の蛍石型酸化物やY₂O₃等の類似構造酸化物は、次世代材料として大きな需要が見込まれる光学セラミックス材料や、地球温暖化防止の切り札の一つとして開発されている高温固体電解質として期待されている物質です。第1研究グループでは、該材料の潜在的能力を十分に発揮させる製造プロセスの開発や添加物の探索を行います。

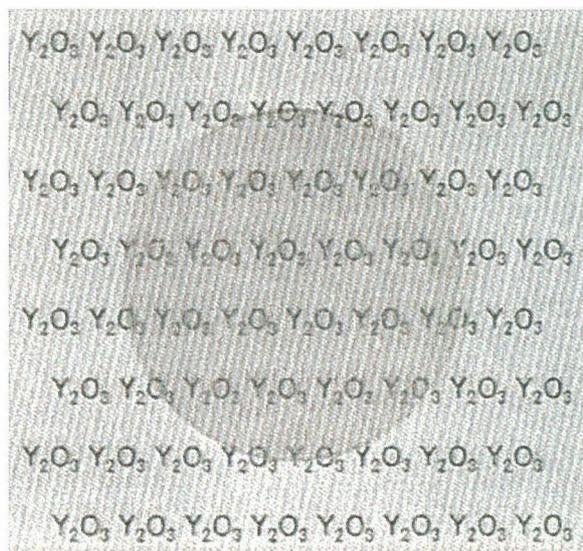
演色性の良い(太陽光に近い)照明として白熱電球がありますが、これは照明効率の悪い点で有名です。現在は、演色性よりも効率を重視して家庭では蛍光灯が、街灯や体育館等のように高輝度が要求される場所では高圧水銀ランプや高圧ナトリウムランプが主に使用されています。しかしながら、生活の向上により、快適な生活空間への期待は強くなり、効率ばかりでなく演色性も良い照明の開発が強く要求されるようになりました。この要求に応える照明としてメタルハライドランプが提案されています。そのためには1200℃という非常に高温で種々の金属ハライド蒸気に耐える高純度透明焼結体の発光管を安価に製造できる技術開発が不可欠です。イットリアやYAGは融点が高く耐食性に優れていることから、そのような発光管用として最も期待されている物質です。

気孔を完全に除去することは非常に難しく、透明焼結体は主にHIPやホットプレなどの特殊な装置で製造されています。それだけに、透明焼結体は特殊な材料であると考えられてきました。しかしながら、前(イットリア)グループ研究で通常の焼結体とはほぼ同じコストで透明焼結体(写真)を製造できる可能性ができました。本研究では、さらにコストを下げることでできる方法を開発し、透明焼結体も特殊ではなくて広く用いられる材料にしたいと頑張ります。

高温燃料電池は効率が非常に良いので、炭酸ガスの発生量が少ない発電が可能です。また、比較的小型で効率よく発電できるので、これまでの火力発電所のような大規模な発電所を建設する必要がなく、自然破壊をしない環境に優しい分散型の発電システムを構築できる長所があります。しかしながら、燃料電池の心臓部分である固体電解質は、酸素欠陥濃度が3~4%以上になると酸素欠陥が複合化して発電能力が低下するので、高性能化は非常に難しいと考えられてきました。

前グループ研究で、7%以上の酸素欠陥が存在しても複合欠陥は生成しない場合があることが分かりました。この知見を活用して、複合欠陥は解放する技術開発で従来よりもはるかに高性能な固体電解質の創製を目指します。

固体電解質を燃料電池とは逆反応である電気分解に用いると、NO_x等の有害なガスを無害化できます。本研究では、開発した高性能の固体電解質を用いて、清浄空間をつくり出す装置の開発研究も行います。



透明イットリア焼結体

セラミックス界面現象の 解明を通し新たな機能を探索

酸化亜鉛基化合物 ($ZnO-M_xO_y$)



総合研究官
羽田 肇

セラミックスは小さな結晶粒子の集合したものです。この粒子同士の境＝界面・粒界では、特異な現象が沢山生じます。これらの現象は未開拓の機能の宝庫でもあります。すなわち、界面・粒界はセラミックス材料にとってフロンティアなのです。

第4研究グループでは界面現象を解明することで、界面機能の高度化と新機能発見を目指します。

電流が電圧に比例するというオームの法則はよくご存じだと思います。ところがある酸化亜鉛基化合物では、電流が電圧の50乗以上の値に比例するといったオームの法則からのずれ(非線形性)が見出されます。電圧を1桁上げると、電流が50桁も上がってしまう計算になります。これはバリスタ特性として知られ、界面・粒界特性であると考えられています。この驚異的な振る舞いは、避雷針に応用されたり、ノイズから大切なコンピュータの情報を守るデバイス等に使われています。したがって、酸化亜鉛基化合物は、今日の情報化社会では欠くことの出来ない材料となっています。本物質を本研究の対象とした理由はここにあります。この現象を解明することで、様々な界面現象解明や発見の端緒になると考えました。

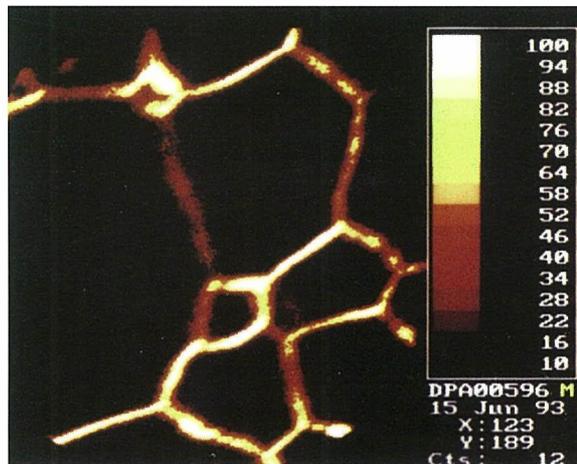
私たちは界面の問題を、小さな原子サイズの欠陥まで掘り下げて検討し、その欠陥同士の関係から見たいこうと思っています。

図を見ていただきましょう。この図は、粒界にある原子サイズの隙間をぬって酸素イオンが侵入している様子を示しています。最近、この侵入してくる酸素が界面の非線形性の起源であると考えられるようになってきました。ところで、それぞれの界面における侵入速度の違いにより濃い部分と薄い部分があることがお判りかと思います。薄い部分、濃い部分、それぞれがどんな構造を持っており、それが

電気的な非線形性とどのような対応関係があるかを探っていきます。

また、欠陥同士の相互作用の結果、酸化亜鉛基化合物の発光が極めて強力になる現象が最近見出されました。これを利用すれば、いままでとは比べものにならないほど小さな記憶媒体の開発が可能になるかもしれません。さらに(光に関連したものは、)優れた紫外線吸収材料としての応用も考えられています。(これまでも紫外線カット用の化粧品の原料の一つとして酸化チタン等が用いられていることはよく知られています。さらに優れた性質を持つのではということで酸化亜鉛基化合物が注目されはじめました。この光学特性もやはり欠陥と密接な関係があり、より高性能な材料の開発を目指して、欠陥間の相互作用に着目して研究していこうと考えています。)

一見、古い材料と考えられがちな酸化亜鉛基化合物ですが、ますます新しい応用への道が開けつつあります。本研究では、以上のような全く新しい適用を目指して、5年間、チャレンジしていきたいと思っております。



酸素18同位体中焼鈍後の酸化亜鉛基化合物中の同位体イオン像。粒界によって酸素の動き方が異なっている(黒-赤-白になる程濃度が高い)

シリコン添加単結晶で 新しいホウ素化合物の特性を解明

ホウケイ化イットリウム (Yttrium borosilicide: $\text{YB}_{44}\text{Si}_{1.0}$)



総合研究官
田中高穂

シリコンを添加したイットリウムホウ素クラスター化合物 $\text{YB}_{44}\text{Si}_{1.0}$ およびイットリウムを他の希土類元素で置換したもの等の大型単結晶をフローティングゾーン法で育成。結晶構造解析、物性測定を行い、機能性材料としての利用に結び付く有用な性質の探索を行う。

炭素原子は4個の価電子を上手につなぎあって、平面的な結合をするグラファイト(黒鉛)または3次元的な結合をするダイヤモンドを作ります。ところがホウ素は3個しか結合のための価電子を持っていません。このため、ホウ素はグループになって不足する価電子を融通しあって、結合します。このホウ素原子グループ(クラスター)は12個の原子からなり、図のような正20面体を作ります。さらに、このクラスター同士で結合し、結合の空隙に金属原子が入り込むことで金属多ホウ化物はできあがっています。化学式は圧倒的に多いホウ素と少しの金属という関係になり、例えば、 YB_{25} 、 YB_{50} 、 YB_{66} 等となります。

結晶を作っている最小単位の結晶格子(単位胞)の寸法(格子定数)は、 YB_{66} の場合、23.44オングストロームと大変大きくなります。このような大きい格子定数を持つ YB_{66} は、軟X線の分光素子として利用できます。軟X線は、光で言えば赤外線にあたるエネルギーの低いX線です。一つのエネルギー(色)の光だけをプリズムを使って取り出すように、軟X線を取り出すプリズムの役目をするのが YB_{66} 軟X線分光素子です。この YB_{66} 軟X線分光素子開発研究の過程で、新しい化合物 YB_{25} と YB_{50} を発見しました。

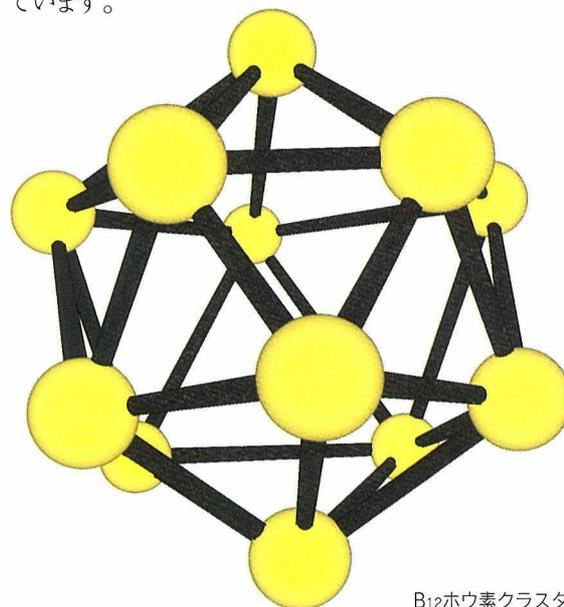
金属多ホウ化物は、熱を電気に変える熱電変換素子に使えるのではないかと期待されています。もちろん YB_{66} のような用途もあります。さらに今まで

知られていなかったような有用な性質も見つかるかもしれません。これらの新しい化合物の構造を調べる、性質を調べる、というためには、どうしても単結晶が必要です。この YB_{25} 、 YB_{50} もも高温で分解してしまい、融かして結晶を作る方法が使えません。そこで編み出したのが結晶作りのウルトラC; YB_{50} のホウ素を少しだけシリコン(Si)と置き替えるのです。そうすると、今まで分解して融かすことのできなかった YB_{50} を融かすことができるようになります。

化学式は $\text{YB}_{44}\text{Si}_{1.0}$ となりますが、結晶構造は YB_{50} と基本的には同じです。

これからの5年間、このホウケイ化イットリウム ($\text{YB}_{44}\text{Si}_{1.0}$) を中心として、このイットリウム(Y)を他の希土類元素(Gd, Tb, Dy, Ho, Sc等)と置き替えたもの、またシリコンの代わりに炭素(C)を入れたものなどを合成し、単結晶を作り、結晶構造、性質を調べてゆきたいと思っています。

今まで知られなかった新しいホウ素の化合物も次々見つかっています。私たちはその中から新しい性質を持ち、何か役に立つ化合物が見つかることを期待しています。



B₁₂ホウ素クラスター

欠陥を制御することで単結晶の光学特性はどこまで向上するか

定比ニオブ酸リチウム・タンタル酸リチウム



総合研究官
北村健二

完全無欠に見える単結晶にも、たくさんの欠陥が含まれています。例えば、本来簡単な整数となるべき、陽イオンや陰イオンの比が整数からずれてしまうような不定比欠陥は多くの結晶に観測されます。第13研究グループでは、“不定比性の制御”をキーワードとして、高性能の光学用単結晶材料の開発を目指します。

ニオブ酸リチウム(略称LN)・タンタル酸リチウム(略称LT)という、今更?という感じを持つかもしれません。半世紀ほど前に発見された材料で、すでに周波数選択素子として、ビデオレコーダー、携帯電話等に内蔵されています。また、3インチ径のウエファー(ディスク状の基板結晶)が手頃な価格で入手できるほど確立された材料です。

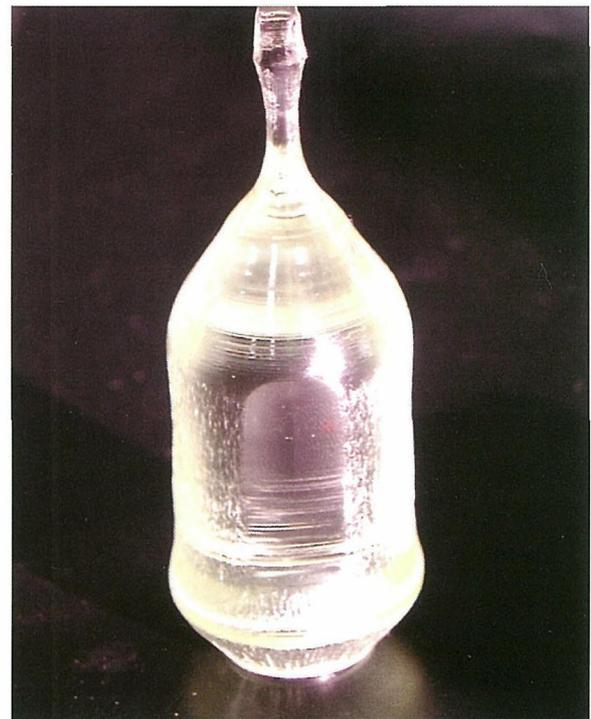
ところが、最近、光の強度や方向を変える素子、光の波長を変換する素子あるいは次世代大容量ホログラフィック光メモリー等の素子として、その機能を再認識する機運が高まっています。しかし、光学用途としての利用を目指す場合、多くの課題が未解決のまま残されています。特に深刻な問題は、これらの材料の単結晶育成過程において、常に高密度の不定比欠陥が導入されるという点です。光学特性が不定比欠陥によって大きく影響されることから、欠陥の構造や密度を制御することが光機能材料への応用において不可欠な課題となっています。

13グループでは、当所で開発された2重るつぼ法の改良等により、不定比欠陥密度を精密に制御できるような酸化物単結晶育成技術の確立を目指します。それにより、定比LN及びLT結晶の育成が可能になります。また、これらの結晶の不定比欠陥の構造解析、光機能の一つである光誘起屈折率特性(フォトリラクティブ特性)等の評価を通して、不定比欠陥の光学的・電氣的性質への影響を

明らかにすることを目標とします。

さらにこうした基礎的な研究を背景に、フォトリラクティブ効果を利用した光・光増幅素子、高速転送・大容量ホログラフィック光メモリー素子等、優れた特性を有する光学材料の実現へと研究の進展を図ります。逆に、フォトリラクティブ効果が阻害要因となるような用途(光波長変換、光変調)においても、ここで得られる情報は非常に役立つと期待しています。

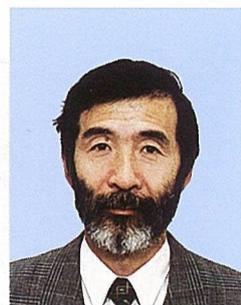
一方、このように欠陥の密度を制御しますと、結晶の分極方位を反転する印加電圧が低くてすむことも明らかになってきました。これは結晶中の分極を周期的に反転させ波長変換素子として応用する分野でも大いに注目されている特徴で、この分野でも本研究が貢献できると確信しています。



2重るつぼ法で育成された定比組成タンタル酸リチウム単結晶(直径約5cm)

新機能発現のために ダイヤモンドへ不純物をドーピング

ダイヤモンド及び立方晶窒化ホウ素



総合研究官
神田久生

不純物を添加することにより、n型半導体など新しい電気特性や光学特性をもつダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素の合成・評価研究を行います。この研究は新しいタイプの半導体素子、レーザーなど発光素子の開発に貢献すると期待されます。

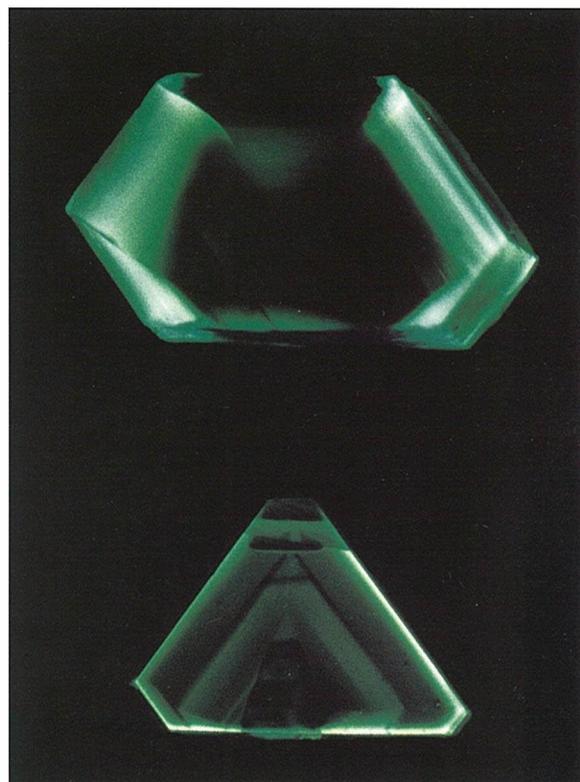
ダイヤモンドは宝石の王様であり、また、最も硬い物質であるということから石材のカッターなど工具に利用されていることはよく知られています。しかし、ダイヤモンドにはほかにもユニークな特性がいくつもあります。高い熱伝導度、広い波長範囲での高い透明性、小さい摩擦係数などです。また、広いバンドギャップの半導体でもあります。立方晶窒化ホウ素(cBN)はダイヤモンドの兄弟分にあたる物質でダイヤモンドに似た特性をもっていますが、化学的安定性などではダイヤモンドを凌ぐところがあります。当センターはこれらの物質の半導体特性に注目しました。

ダイヤモンドは半導体とはいえ通常絶縁体ですが、不純物を添加することで導電性になります。ホウ素を添加するとp型半導体になることは古くから知られていましたが、n型半導体の作製は長い間実現しませんでした。しかし、昨年、当所でリンを添加することによりn型ダイヤモンドの合成に成功しました。これは、ダイヤモンドの半導体素子化に向けての大きな一歩といえます。しかしながら、半導体素子としての実用化のためには多くの克服すべき課題があります。n型ができたとはいえ、電気抵抗は高く、電子の移動度は小さいというのが現状です。電気的特性の改善のためいろいろな基盤研究が必要です。

ダイヤモンドに不純物が入ることにより着色や発

光現象がみられることがあります。その例を写真に示します。ダイヤモンドはワイドバンドギャップであることから、適当な不純物が添加されれば紫外線レーザーなど短波長の発光材料として実用化も期待されます。しかしながら、いまのところ、ダイヤモンドに入りうる不純物は窒素、ホウ素、ニッケル、コバルトなど限られています。これらの不純物によるいろいろな発光が観測されていますが、まだ応用にはつながっていません。有用な発光特性を見つけるためにはさらに広い範囲での不純物添加・制御を行うことや、発光のメカニズムの解明も必要です。

このようなことから、当センターでは、ダイヤモンドの電子材料や発光材料への応用をめざして、その基盤となる合成研究、物理特性の評価研究を行います。



ニッケル不純物を含む合成ダイヤモンドの緑色発光(紫外線照射)

ニュース

■ 無機材質研究所の運営評価(NAC)

本年1月17日から22日にかけて、ノーベル賞受賞者を含む世界的な科学者など13名で構成される運営評価委員会(NAC: NIRIM Advisory Council)の第1回を開催し、報告書を得た。

当研究所の研究の水準は世界的レベルで高く評価されたとともに、今後の研究の方向として情報技術、エネルギー創製、環境等との学際領域、原子レベルまで踏み込んだ材料、理論と実験の両面からのアプローチといった分野を強化することなど有益な示唆を得た。

報告書本文は当研究所ホームページ(アドレスは<http://www.nirim.go.jp/nirim/japanese/>)に掲載している。



■ 行 事

[無機材質研究所・特別展]

期 間:平成10年5月14日(木)~20日(水)
場 所:未来科学技術情報館(東京・西新宿)

[サイエンスキャンプ'98]

期 間(予定) :平成10年7月28日(火)~30日(木)
場 所 :無機材質研究所
参加者(募集) :高校生及び高等専門学校生を対象に10~12名
応 募(問い合わせ):財団法人科学技術振興財団(TEL03-3212-8487)

編集後記

皆様、お気づきでしょうか?本号より誌面を一新しました。「無機材研ニュース」はこれまで年に6回刊行し、当研究所での最新の研究成果や行事等をお知らせしてきました。しかし、最近読者の皆様から、内容が専門的すぎてわかりにくいとか、誌面の構成が単純で読みづらいなどのコメントがこれまでも度々と寄せられてきました。本年の4月から新たに発足した「広報委員会」は読者の皆様の要望に応えるべく、「無機材研ニュース」の全面改訂を行うこととしました。名前も「むきざい NOW」と改称し、内容も“よりわかりやすく、より魅力的(Simple and Charming)”をモットーにして編集することにしました。研究成果やグループ研究紹介など、専門用語をできるだけ使わないで、材料研究者以外の人々にも理解していただけるように工夫してみました。いかがでしょうか?

まだ不十分な点もあろうかと思いますが、皆様のご意見を頂きながら、さらに魅力的な誌面を作るべく努力をして行くつもりです。宜しくお願いします。(広報委員会委員長 板東義雄)

むきざいNOW 発行日 平成10年5月1日 第169号
編集・発行 科学技術庁 無機材質研究所

NIRIM (National Institute for Research in Inorganic Materials)
Science and Technology Agency



〒305-0044

茨城県つくば市並木1丁目1番 TEL.0298-51-3363 FAX.0298-55-2142

ホームページ <http://www.nirim.go.jp/nirim/japanese/>