

無機材研ニュース

第145号

平成6年5月

平成6年度研究課題

当研究所では、耐熱材料、電子材料、超硬材料等として優れた特性を有すると期待される新材料である、セラミックス等の非金属無機材質について研究を推進しています。すなわち、耐熱性、耐食性、高硬度性、電気磁性（半導性、誘電性等）光学特性、触媒能等において優れた、種々の非金属無機材質を創製するための研究を行っています。

平成6年度においては、新たに3つのグループの再編成を行い、これを含めて14の研究グループと一つのステーション、二つのセンターにより、これらの研究を効率的、組織的に遂行します。

更に、これまで得られた成果の応用化を促進するため、上記の経常研究に加えて、3つのテーマの特研（無機材質特別研究）その他の特定研究を行っています。

グループ等における研究（経常研究）

□内は、再編成グループ。

第1研究グループ（イットリア： Y_2O_3 ）

- (1) 粉末合成に関する研究
- (2) 焼結と拡散に関する研究
- (3) 焼結体の物性に関する研究
- (4) 荷電粒子応用特殊実験装置を利用した薄膜合成や拡散現象解析の研究

第2研究グループ（複合銀硫化物： $Ag-M-S$ ）

- (1) 相関係及び合成に関する研究
- (2) 構造及び相転移に関する研究
- (3) 物性に関する研究

第3研究グループ（窒化けい素： Si_3N_4 ）

- (1) 高靱性セラミックスの合成に関する研究
- (2) 微構造の評価に関する研究
- (3) 破壊機構に関する研究

第4研究グループ（バリウムペロプスカイト： ABO_3 ）

- (1) 合成に関する研究
- (2) 評価と物性に関する研究

第5研究グループ

（スメクタイト： $E_xM_{2-3}(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ ）

- (1) 高純度合成及び単結晶化に関する研究
- (2) スメクタイトの有機／無機複合体の合成及び諸性質に関する研究
- (3) 構造、物性に関する研究
- (4) その他の化合物に関する研究

第6研究グループ（炭窒化ほう素： $B-C-N$ ）

- (1) 合成に関する研究
- (2) $B-C-N$ 薄膜に関する研究
- (3) $BN-C$ 固溶系に関する研究
- (4) 物性及び評価に関する研究

第7研究グループ

（（ルテニウム、チタン）酸塩： $A-(Ru, Ti)-M-O$ ）

- (1) 合成と相関係に関する研究
- (2) 物性に関する研究
- (3) 化学的性質に関する研究

第8研究グループ

（ MX_2 型ホスト化合物誘導体： R_xMX_2 ）

- (1) ホスト化合物の合成に関する研究
- (2) 誘導体の合成に関する研究
- (3) 諸特性評価と機能に関する研究

第9研究グループ

（テルル酸塩ガラス： $TeO_x \cdot MO_y \text{Glass}$ ）

- (1) ガラス合成に関する研究
- (2) 非晶質状態—結晶状態間の可逆的相変化に関する研究
- (3) 構造状態に関する研究
- (4) 物性に関する研究

第10研究グループ（アパタイト系化合物：

$Ca_{10-y}H_y(PO_4)_6(OH)_{2-y} \cdot nH_2O$ ）

- (1) 結晶育成・合成に関する研究
- (2) 化学的性質に関する研究
- (3) 物性評価・要素技術に関する研究

第11研究グループ

(層状ランタン複合酸化物：La-M-O)

- (1) 相平衡及び合成に関する研究
- (2) 構造に関する研究
- (3) 物性に関する研究
- (4) 準結晶等の構造解析に関する研究

第12研究グループ (希土類多ホウ化物：REB_n)

- (1) 新物質探索と単結晶育成に関する研究
- (2) バルク物性に関する研究
- (3) 表面物性に関する研究

第13研究グループ

(光誘起屈折性結晶：Bi₁₂ [Ge, Si] O₁₂)

- (1) 結晶化学に関する研究
- (2) 結晶合成に関する研究
- (3) 結晶評価に関する研究

第14研究グループ (酸化コバルト：CoO)

- (1) 結晶育成・相平衡に関する研究
- (2) 陽電子消滅法に関する研究
- (3) 物性に関する研究

超高压カステーション

- (1) 大容量超高压発生システムの開発と利用に関する研究
- (2) 超高压発生及びその場観察技術の開発に関する研究

未知物質探索センター

- (1) 化学結合の解明、反応予測及び物性予測に関する理論的研究
- (2) 未知物質創製のデザイン及び合成に関する研究
- (3) 物質データの体系化に関する研究

先端機能性材料研究センター

- (1) 機能性スーパーダイヤモンド研究の推進
- (2) 基礎技術の開発

特別研究官

- (1) CoOまたはCeO₂をドープしたLiNbO₃の二次高調波の波長特性の研究
- (2) Gd₂O₃またはY₂O₃をドープしたLiNbO₃の構造変化の研究及びSHGの研究
- (3) タングステンブロンズ型酸化物、A₂BC₅O₁₅ (A : CA, Ba ; B : Na, K ; C : Nb, Ta) の強誘電性、非線形光学特性の研究
- (4) 微細構造の解析に関する研究
- (5) 微小結晶の構造解析に関する研究

新超電導材料の研究開発の推進

(新超電導マルチコアプロジェクト)

1. 新物質探索コア

- (1) 固相合成に関する研究
- (2) 気相・液相合成に関する研究
- (3) 新物質設計ソフトの開発に関する研究

2. 単結晶化コア

- (1) 塊状単結晶の育成
- (2) 薄膜単結晶用基板結晶の育成

3. 結晶構造解析コア

- (1) 局所構造に関する研究
- (2) 平均構造に関する研究
- (3) エネルギー解析に関する研究

インテリジェント材料の研究開発の推進

1. インテリジェント構造材料に関する研究

- (1) 粉末の合成と焼結に関する研究
- (2) 亀裂進展素過程の解析に関する研究
- (3) 自己診断・自己修復機能発現化に関する研究

2. ガラスのインテリジェント光材料化に関する研究

- (1) 光感应性非晶質物質の探索・合成に関する研究
- (2) 分相に関する研究
- (3) その場状態解析に関する研究

微小重力下における材料創製研究の推進

圧力制御による結晶成長に関する研究

- (1) 結晶成長圧力セルの開発
- (2) 圧力を制御変数とした結晶成長機構の研究
- (3) 高圧下の結晶成長に係わる物性測定

機能性スーパーダイヤモンド研究

- (1) cBN薄膜化技術の開発
- (2) 単結晶ダイヤモンド膜の合成技術の開発
- (3) 特性評価技術の開発

無機材質特別研究

1. 放射光軟X線用分光材料の高品質化に関する研究

- (1) 高結晶性YB₆₆単結晶の育成に関する研究
- (2) YB₆₆単結晶のX線回折法等による評価研究

2. 逆向型ラジカル源を用いた薄膜化技術に関する研究

- (1) 核生成頻度の向上
- (2) 薄膜の評価
- (3) 反応条件・生成機構の検討

3. 地球環境親和型材料としての粘土・有機複合新素材の研究

- (1) 粘土・有機物複合体の合成と性質に関する研究

(ルテニウム、チタン) 酸塩 (A-(Ru,Ti)-M-O) に関する研究

第7研究グループ総合研究官 三橋 武文

ルテニウム酸塩はチタン酸塩と結晶化学的類似性が高いが、今まで強い関心が払われてこなかった。しかし、電子導伝性や触媒特性等に関して際だった特徴を示すことが知られており、 TiO_6 - RuO_6 骨格の融合により多様な機能を持った新たな材質系の開発が期待される。本研究では、高度な環境用化学機能性材料、イオン・電子材料としての利用を期待して、(ルテニウム、チタン)酸塩 $\text{A}-(\text{Ru}, \text{Ti})-\text{M}-\text{O}$ (A:主にアルカリイオン、M:主にNbイオン)を中心に、相関係の解明を中心とする結晶化学的研究を行い、組成と構造・物性の関係を明らかにし、優れた特性を示す新しい化合物を合成する事を目標とする。

TiO_2 は顔料や触媒に関して、又、 RuO_2 はIC用電極材料や触媒に関して多数の研究がなされている。 RuO_2 - TiO_2 系固溶体も同様な観点から多くの研究が行われているが、相関係、分解・析出過程の詳細は明かにされていない。特に、 TiO_2 と RuO_2 の陽イオン半径はほぼ等しく、互いにルチル構造を取るにも関わらず、熱平衡的な固溶量は非常に小さく従来の結晶化学の一般則から外れている。材料的興味からは光触媒機能を挙げることが出来る。最近、光触媒による、無公害・非枯渇性エネルギーとしての水分解による水素製造、及び有機系水質汚染物質や大気汚染物質の分解除去が注目されており、光の吸収域を近紫外光から可視光領域まで拡張することが研究目標の一つになっている。最近のバンド計算の結果は、 TiO_2 - RuO_2 固溶系のバンドギャップは TiO_2 より狭く、可視光による電子-正孔対の生成の可能性を示唆している。更に、チタン酸バリウム- RuO_2 系やその他新しい材質系の研究も行われている。一方、 TiO_6 等の配位多面体の結合により構成される一次元トンネル構造や二次元層状構造を持つチタン酸塩のイオン導伝性や化学機能性が広く研究されてきた。ルテニウム酸塩に関して、 RuO_6 を骨格構造のユニットとするプリデライト型構造やブロンズ型構造のルテニウム酸塩が見いだされているが、本格的な研究は少ない。

研究計画は大別して3項目に分けられる。第一は、相関係及び合成に関する研究である。 TiO_2 - RuO_2 系では、非平衡的に広域の固溶体を形成することが知られており実用電極材料として既に用いられているが、平衡の固溶限界は狭い。また、チタン酸アルカリ金属とルテニウム酸アルカリ金属の構造的対応関係はあまり認められない。このような相関係の特異性の実体を実験的に把握するた

めに、 TiO_2 - RuO_2 系と A_2O - TiO_2 - RuO_2 系の平衡状態の相関係、非平衡相の分解、非平衡固溶体からの析出過程について研究を行う。これまでのチタン酸塩に関する7グループの研究成果を一つの出発点として合成-構造-熱化学の観点からチタン酸塩との対応関係の解明を目指して研究を進めたい。研究の進展により、他のルチル型酸化物固溶体や多面体構造への拡張を試みる。本研究では非平衡的な物質合成が不可欠なので、CVD、HIP、イオン注入等多様な合成手法を活用しながら、薄膜を含む物質合成の最適化及び新物質の探索を目指す。特に、 RuO_2 は $1,000^\circ\text{C}$ 以上では分解速度が大きくなるのでHIP等を用いて、加圧下で高温合成、相関係、焼結の研究を行う。第二は、物性に関する研究である。アルカリチタン酸塩はルチル型と同様に、 TiO_6 配位多面体を単位とし多様な低次元構造骨格を形成する。これらのTiの一部をRuで置換することにより、バンド構造や光吸収特性の多様な変化が起き、それによる新規な光触媒機能の発現が期待される。高度な光触媒を開発するための基盤研究としては、材質の光応答性に関する基礎的理解が不可欠であるので、当初は TiO_2 - RuO_2 系における組成比と光吸収、発光現象等の光学特性の相関関係を調べ、時間分解分光測定法等による励起電子のダイナミクスやショットキーバリアー等光化学反応の素過程の解析を行う。又、 RuO_2 は化合物では最大級の電子伝導を示すが、化合物系の電子伝導と熱伝導の相関性はまだ十分には解明されていない。これらの固溶系についても、電子伝導と熱伝導の測定からウィーデマン・フランツ則との関係や他の機能との関係を検討したい。イオン伝導度に関しては、Ruプリデライト及びブロンズに注目している。これらの物質の特性は殆ど研究されていないが、トンネルサイズ等から判断して新規な混合導電体になる可能性があるため、NMR等の手法を用いて検討する。第三は、化学的性質に関する研究である。ルテニウム酸塩には、Ruブロンズのように特異なイオン交換サイトを持つものがある。イオン交換の選択性に焦点を当てながら、分離化学の視点から関連物質も含め、研究を行う。又、ルテニウム酸塩の骨格の電子伝導性が化学的性質に与える影響、特に、材質表面の化学活性状態、吸着・脱着過程を熱測定から評価し、光化学反応機構等の研究を進める計画である。

MX₂型ホスト化合物誘導体 (R_xMX₂) に関する研究

第8研究グループ総合研究官 渡辺 遵

近年、半導体などの開発に関連してMBE法等を用いた材料設計的な物質合成の研究が盛んである。他方、ソフト化学反応による物質合成も材料設計的な要素を内含する手法として今後の展開が期待されている。しかしソフト化学の歴史は浅く基礎、応用の両面で検討は十分でない。本グループでは材料研究に関してソフト化学的合成手法の高度かつ広範な応用を図るため、標題物質MX₂型ホスト化合物を具体的対象に選び、新手法の基盤的研究を推進する。ホストゲスト複合体の合成法とその相変換法の開発及びそれらを応用し、従来法では得難い材料の創製とその特性評価を行う。特に対象ホスト材料の特性を活かし、電気的特異性を期待した積層構造誘導体あるいは触媒性などの化学的特異機能を期待した層間多孔性誘導体等を創製し、その機能を評価する。

設計図に従い計画的に物質を合成したいのは研究者の長い夢である。有機分子を対象とする分野では用途に合わせて分子の一部を入れ換えたり、複数の分子を結合するなど化学修飾に基づく合成が既に頻繁に行われている。無機化合物では目的物質を類似の発想に基づき合成することは容易でないが、ソフト化学はその問題に一つの糸口を与えた。当初、ソフト化学反応は無機物質の結晶構造をトポクティックに化学修飾し、段階的に変換する反応と考えられた。この考え方は反応物質の構造素片を物質合成に活用する点で材料設計的要素を含む。同時にその根底には温度などの外部パラメーターに相対して反応物質の個性を強調し、それを反応推進の特異的因子として活用する考え方が秘められている。これは、反応系全体を熱平衡的条件下に置く従来型合成法とは異なり、物質変換に関して速度論的に特異な制御が可能であることを意味しておりソフト化学的合成の新たな側面を提示する。本研究は以上のような点に着目し、ソフト化学の研究を推進する。

研究計画は合成、評価、機能に関する研究の3項目からなる。合成手法の研究とその応用が大きな目標であるため計画の中心には合成研究を据える。

新手法を幅広く利用するためホスト化合物の多様化を図る必要がある。このため同形置換等により層状構造のA_xM₂O₄型酸化物、MOX型オキシハロゲン化合物及びトンネル構造A_xMO₂等の多様なホスト化合物を合成する。また、トンネルや準層状構造の層状構造ホスト化を試みる。

本研究における複合体の重要性は目標物質すなわち誘導体への反応中間体としての役割である。反応中間体には主に無機-無機複合体を利用する。無機ゲストは単原子、多原子、ポリ酸イオンなどである。複合体の合成はイオン交換、酸化還元等による方法とコロイド等の微粒子を用いる方法で行う。ポリ酸イオン等の大型ゲストによる高度な無機-無機複合体の合成は無機-有機複合体を経て調整することも考える。複合体はそれ自身で単一相ともなるが、多くの場合は付加的反応操作により相変換する必要がある。この操作の要点は複合体全体が熱力学的安定状態に移行するのを抑制し、部分反応により準安定状態へ移行する様々な経路を探ることである。穏やかな熱処理の穏やかな加熱下での高圧処理等を試みる。相変換の結果は単一相化と不均一化に大別できる。前者は単一物質、後者は混合物である。後者も材料という観点では有意義な場合がある。層状ホストを例にとると後者は層間不均一化と完全不均一化の場合を想定できる。層間不均一化は二次構造制御により層間多孔体ともなり、触媒材料等として期待できる。

評価研究は溶液化学、電気化学、分光法、熱化学、構造化学等の観点から行う。層状ホストではイオン交換性など層間結合の性質や層間膨潤性などのホスト特性を、またトンネル構造ホストでは主にイオン注入/抽出に係わるホスト特性を電気化学的方法等で検討する。複合体は赤外分光法、熱分析法、X線回折法等により解析し、包接化学種、結合状態、配位構造などを明らかにして複合化機構を解明する。相変換に関しては処理条件及びゲスト組成と生成相の関係を調べ相変換経路を開発するとともに加熱相変換過程を実時間で測定して変換機構を吟味する。加圧相変換では分光法や回折法によりその場観察し、変換条件の効率的予測と変換機構の解明を行う。

機能研究では特に電気的機能、化学的機能の発現に期待する。半導体と絶縁体など性質の異なる層の積層効果あるいは層間やトンネル中でのイオンの可動性による電気的特異性が注目される。この観点から光物性、電気物性などの研究を行う。また、イオンの可動性や層間多孔性を活かしたイオン、分子の分離機能あるいは更にゲスト種の属性制御を加味することにより特異な触媒機能の発現が期待できる。この観点からイオン交換や分子篩い機能等の研究を行う。

希土類多ホウ化物 (REB_n , $n > 12$) に関する研究

第12研究グループ総合研究官 石沢 芳夫

金属ホウ化物のホウ素原子配列は、 TiB 、 TiB_2 のようなホウ素含有の少ない組成では鎖状配列、二次元配列をとるが、 LaB_6 のようなホウ素組成の多い領域では共有結合の強い八面体の連なった骨組構造をとるようになる。さらにホウ素組成が増えると主として B_{12} 二十面体を構造ユニットとする複雑な構造をとるようになる。 B_{12} 二十面体を基本構造とする多ホウ化物は、融点が高く耐熱性材料としての応用だけでなく新機能発現が期待されている未周知物質群であり、8種類の構造に分類されている。本研究では、これらの B_{12} 二十面体構造多ホウ化物の中で最も大きい単位胞をもち、最も複雑な構造をとる希土類六十六ホウ化物 REB_{66} (RE は希土類元素) 及び関連新多ホウ化物に焦点を合わせる。これらのホウ化物を希土類多ホウ化物と称する。

本研究では、希土類六十六ホウ化物 (YB_{66} 型構造) の結晶構造の精密化、新多ホウ化物の物質探索及び構造解析、さらにはこれらの希土類多ホウ化物の単結晶育成研究、バルク及び表面物性の究明を行ない、希土類多ホウ化物の物質理解を深化させて、超電導等の新機能創出をめざす。

研究の背景

YB_{66} は1960年にA. U. Seyboltによってはじめて発見された。融点は $2,100^\circ\text{C}$ で、その結晶構造は、立方晶系に属し、格子定数は 23.4 \AA である。単位胞当たりの原子数は1,608個(1,656個の説あり)と多い。これまでに、 YB_{66} 型構造をとるホウ化物として、Nd~Luの希土類元素が報告されている。希土類六十六ホウ化物の中で単結晶育成が試みられているのは YB_{66} 、 GdB_{66} だけである。 YB_{66} 単結晶は、当所で開発した間接加熱フローティングゾーン法が適用出来る。この育成法を用いて良質の大型単結晶の育成が可能である。1971年にG. A. Slack等により熱伝が測定されて、 YB_{66} 単結晶の熱伝導の温度依存性はガラスのように振舞うことが見いだされた。このアモルファス的な性質は、 YB_{66} 以外の希土類六十六ホウ化物においても観測されており、希土類六十六ホウ化物に共通にみられる性質であることが分かってきた。これまでに熱伝導に加えて、比熱、電気伝導、光学的性質、内部摩擦等にアモルファス的な性質が観測されている。現在、ヨッフェ物理研究所のO. A. Golikovaグループ、コーネル大学のR. O. Pohlグループ、デュイスブルグ大学のH.

Werheitグループで行なわれており、後二者のグループには我々の育成結晶を提供している。

具体的な問題点と研究計画

以下にサブテーマ毎に説明する。第一は、物質探索と構造解析に関する研究である。Y-B系について我々の見いだした YB_{50} をはじめとする新多ホウ化物がY以外の希土類元素では存在するかどうかを調べる。 YB_{66} 型構造ホウ化物については、ホウ素原子の配列に未解明部分があり、 YB_{68} 構造をとるとする報告もあるので、これを解決する。Y-B系新多ホウ化物については、単結晶等を用いて構造決定を行なう。第二は、単結晶育成に関する研究である。 YB_{66} 型構造ホウ化物、 YB_{50} 等の新多ホウ化物の単結晶の育成研究を行なう。 YB_{66} については、間接加熱フローティングゾーン法により単結晶育成を行なうが、他の希土類六十六ホウ化物については、一致熔融なものから分解熔融相までであるので、個々について相図の決定と単結晶育成法を研究する。第三は、バルク物性に関する研究である。ここでは、 YB_{66} 型構造ホウ化物、 YB_{50} 等の新多ホウ化物について、輸送現象、光学的性質、機械的性質を調べるとともにこれらの性質にみられるアモルファス的な性質の起因を究明し、さらには金属化、超電導化をめざした研究を行なう。最後は、表面物性に関する研究である。表面研究手法を用いて、二十面体クラスター配列からなる希土類多ホウ化物の表面状態の研究を行なう。表面にアルカリ金属原子等を吸着・反応させて、バルクでは存在し得ない多ホウ化物の生成及び表面新物質相の創製を行ない、新機能発現をめざす。

展望

希土類多ホウ化物は、 B_{12} 二十面体構造を構造ユニットとするホウ素特有の結合状態をとるので、それぞれの多ホウ化物は共通した性質を示すことが期待される。本研究では、希土類六十六ホウ化物及び YB_{50} 等の新多ホウ化物を中心に、アモルファス的な性質等の特異な性質を究明し、さらに金属化・超電導化研究をすすめて、高温超電導体等の新しい応用分野を開拓していくことが大きな目標となる。これらの成果は、 B_{12} 二十面体構造多ホウ化物の材料科学に大きな進展をもたらすだけでなく、同様に共有結合の強い硬質材料の探索及び物質理解に少なからず寄与することになる。

波長変換ガラス

第9研究グループ主任研究官 井上 悟

はじめに

近年、オプトエレクトロニクスの分野で、光の波長、特にレーザー光の波長を変換する波長変換素子が広く用いられている。これらの素子は、KTP、KDP、BBO、LiNbO₃などの非線形光学結晶を変換媒体として使用しており、非線形光学効果の一つである高調波発生により、入力光周波数の2、3、……倍、言い換えれば、入力光波長の1/2、1/3、……の波長の光に変換する働きがある。変換効率は、高い次数の変換ほど低く、一般には、2倍高調波発生が実用上良く利用される。また、変換効率は、結晶の非線形光学定数が大きいほど高くなるが、これ以上に位相整合条件が満足されているか否かに大きく左右される。位相整合には、一般には、結晶の複屈折を利用した角度整合法が用いられる。効率を一定に保つため、あるいは、整合精度を向上するためには結晶の温度を一定に制御するなどの工夫が必要となる。また、最近では、LiNbO₃結晶のように非線形光学定数が大きすぎて角度整合では最良の整合条件が達成できないような結晶の場合には、分極軸が周期的に反転した構造の結晶を用いる擬位相整合法なども試みられている。変換効率は、非線形光学効果の場合、入力光の強度の増大とともに増加し、例えば、2次の効果の場合には入力光強度に比例して増加する。一般に、レーザー光のような強い光源では、変換効率は数10パーセントに達する。

ガラスを用いた波長変換には、これら非線形光学結晶と同様の非線形光学効果を利用するものと、希土類イオンの蛍光発光を利用するものがあるが、いまだ研究段階で実用化までは至っていない。前者の非線形光学効果を利用するものには、高屈折率ガラス(Ga₂O₃、TeO₂、Ge-Te、Ge-Se系など)や、CdS、CdTe、CuClなどの半導体微粒子をドープしたガラスの3次の効果を利用するもの、また、最近では、加熱下で強電場を作用させてポーリング処理を施したシリカガラスで2次の効果を生じさせるものなどがあり、現在精力的に研究が進められている。第9研究グループで研究を進めている波長変換ガラスは後者に属するものである。

アップコンバージョン蛍光発光

希土類イオンの蛍光発光としては、紫外光を励起光として可視光を発光させるのが一般的に知られている。これも一種の紫外光から可視光への波長変換であるが、非線形光学効果の高調波発生のように励起光よりも波長の短い光への変換には利用できない。アップコンバージョン蛍光発光は、2段階以上の電子励起により発生する発光現象で、(図1)励起光より波長の短い光が蛍光発光と

して得られる。即、高調波発生と同様の波長変換効果を発生し得る。この現象は希土類イオンの示す蛍光発光として古くから知られているが、その効率が極めて低いため、実用化研究はほとんど成されていない。しかしながら、この蛍光発光の効率は、非線形光学効果と同様に、入射強度の増大とともに増加するため、光ファイバーや

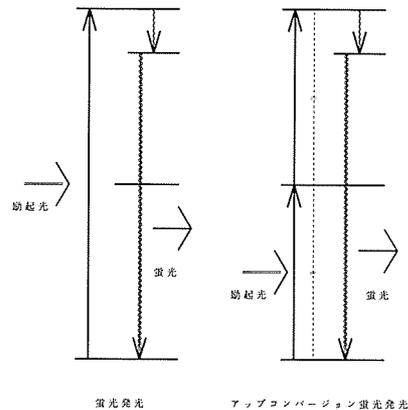


図1 アップコンバージョン蛍光発光過程模式図

光導波路などの効率の良い光閉じこめ機能により入射光を高密度化すれば、実用に供し得る効率が達成されると考えられる。即ち、硝子を希土類イオンの分散媒体として用いれば、ガラスの優れた加工性を利用してこうした閉じこめ構造が比較的容易に作製でき、実用レベルの素子が得られるものと考えられる。また、これからの情報通信では、光ファイバーを用いた光通信が主流となることも考慮すれば、ファイバー等を利用した素子は時代のニーズにも合致している。

アップコンバージョン蛍光発光の利点と欠点

アップコンバージョン蛍光発光を利用した波長変換は、光の吸収と発光を利用するため、非線形光学結晶による変換のような位相整合を必要としない。また、非線形光学結晶は合成の難しいものが多く、非常に高価であるが、ガラスの場合、合成は容易であり、大きなものが安価で作製できる。しかしながら、変換効率がかかなり低いこと、また、エネルギーレベル間の電子遷移を利用するため、任意の光を波長変換できないといった欠点もある。

例えば、Er³⁺イオンの場合、一般的に、1,000nm、800nm、650nm付近の光の入射に対してそれぞれ(800、660、550nm)、(660、550nm)、(550、406nm)の光に変換される。これらの入射光波長は、現在市販されている半導体レーザーの発振波長範囲に含まれており、特に800nm付近の波長では高出力半導体レーザーの技術が確立されている。光通信のみならず、オプトエレクトロニクス

の分野で半導体レーザーが広く使用されていることを考慮すれば、変換波長が連続的に変えられないことは実用上あまり問題とならないであろう。しかし、入出力波長に対する制限により応用範囲がかなり限定されるのは避けられないであろう。

入出力波長は使用する希土類イオンの電子エネルギー準位で決定されるため如何ともしがたいが、変換効率に関してはガラス組成の選択により改良の余地があり、我々の研究は効率向上に有効なガラス組成の探索を目的としている。

アップコンバージョン蛍光発光の効率

実用化を考慮したアップコンバージョン蛍光発光では、二段階の電子励起を利用するのが一般的である。三段階以上の励起はよほどの高出力のレーザー光を用いない限りほとんど観測できない。二段階励起の場合、効率を大きく左右するのは、一段目の励起後の電子がどれほど二段目の励起を受ける時間的余裕があるかに依存する。即ち、一段目の励起後の電子は蛍光発光により光を放出して基底状態に戻るが、この戻る速度が遅いほど二段目の励起を受ける確率が大きくなり結果的にアップコンバージョン蛍光発光の効率が増すことになる。励起された電子が基底状態に戻る速度は、蛍光寿命が目安となるが、一般にガラスのフォノンエネルギーが小さいほど遅くなる。ガラスのフォノンエネルギーは赤外光領域の透過限界波長が目安となり、限界波長が長いガラスほど小さい。したがって、可視光領域から出来るだけ長波長の赤外光領域までの透過窓を有するガラスほどアップコンバージョン蛍光発光の効率が大きい。赤外光透過ガラスとしては、 TeO_2 系ガラス、カルコゲナイドガラス、ハロゲン化物ガラスなどがあるが、カルコゲナイドガラスは可視光領域の透過率が低いため使用できない。酸化物系とハロゲン化物系では、後者のほうが赤外光透過に優れるため、有利である。

効率を上げる要因として二番目に重要なのは、希土類イオンを高濃度に含有できるガラスであることである。これは、一段目の吸収(励起)の増加やイオン同志のエネルギーのやりとりによる二段目の励起の助長に有効である。しかし、無制限に濃度を上げればよいわけではなく、通常の蛍光発光と同様に濃度消光がある。

ハロゲン化物ガラス

ハロゲン化物ガラス形成系としては、 BeF_2 系、 ZnCl_2 系、 ZrF_4 系、 AlF_3 系、 ThF_4 系、 InF_3 系などが知られている。これらの中、 BeF_2 系は強い毒性が、 ZnCl_2 系は強い潮解性が、また、 ThF_4 系は放射性がそれぞれ実用化の障害となる。赤外光透過限界波長は、 InF_3 系、 ZrF_4 系、 AlF_3 系の順で短くなる。したがって、 InF_3 系、 ZrF_4 系が有利であるが、ガラス形成のし易さや、希土類イオン添加可能量の点から ZrF_4 系について研究を進めている。最近、

InF_3 系でもガラス形成能が ZrF_4 系に匹敵する組成が見いだされており、これらについては現在研究を進めているところである。本稿では、 ZrF_4 系について得られている成果の一部を紹介する。

ZrF_4 系波長変換ハロゲン化物ガラスの効率改善

代表的な ZrF_4 系ハロゲン化物ガラス形成系は、 ZrF_4 - BaF_2 - LaF_3 - AlF_3 - NaF 系(ZBLAN系)である。フッ化物ガラス形成系の中では、ガラス形成能に優れるものであるが、従来から知られている組成では希土類イオンをあまり多く(約5 mol%以下)含有できない。効率改善の方策として、先ず希土類イオンを多量に含有し得る組成の探索を行い、主に ZrF_4 の減量と AlF_3 の増量により、希土類イオンを約25 mol%まで含有し得る組成を見いだした。 AlF_3 の増量はフォノンエネルギーを増加させるため、約15 mol%までの増加に止めた。

効率向上のための方策の二番目は、塩化物、臭化物によるフッ化物の一部置換である。主に、 NaF の一部を NaCl 、 NaBr に置換した。ガラス中ではこれら塩化物はフッ化物と混じりあい、混合ハロゲン化物ガラスとなる。即ち、希土類イオンは、それまでのF⁻イオンのみに囲まれた状態から、F⁻の一部がCl⁻に置き換えられた環境に置かれることになる。この環境の変化は蛍光発光効率向上に次のような効果がある。

先ず第一には、フォノンエネルギーの減少の効果である。塩化物や臭化物はフッ化物よりも赤外光を長波長まで透過し得る。したがって、これらのフッ化物系への添加は希土類イオン周囲のフォノンエネルギーを減少させ、二段階励起の促進につながる。

第二には、希土類イオン周囲の原子配置の対称性の低下による、エネルギーレベル間の電子遷移確率の増加の効果である。希土類イオンのf-f遷移は、一般的に対称性が低いほど助長される。ガラスであるのでFのみの環境でも対称性は低い、Fの一部がClやBrに置き変わるにより、更に低下することになる。電子遷移確率の増加は、光の吸収、発光を助長することになり、結果的にアップコンバージョン蛍光発光を促進することになる。

第9研究グループでは、希土類の中でも強いアップコンバージョン蛍光発光を示すErを添加したもの、また、1,000nm付近の光の変換を助長するYbを共に添加したガラスについて研究している。図2に、Er(2%)、Yb(10%)含有ZBLANガラスのYAGレーザー励起における550nm発光強度のClまたはBr含有量に対する変化を示した。塩化物の添加により約70%発光強度が増加している。臭化物あるいは塩化物、臭化物の同時添加も多少効果があるが塩化物添加ほどではない。本研究で得られたガラスで、YAGレーザー励起において、希土類含有量の増加で発光強度は従来の約6倍に、また、塩化物添加によ

るイオン周囲の環境を変えることにより約1.7倍発光強度の増加が見られ、全体で従来の約11倍の発光強度が得られた。YAGレーザー光(1,064nm)から波長が約1/2の550nmへの変換効率は、10W入力時で約0.05%と見積もられた。YAGレーザー(300mw)照射時の写真を図3に示した。

800nmバンドの励起の場合は、Erのみがこの波長に吸収を有するため、Ybの添加は通常不要である。しかしながら、本研究の結果からYbの添加が増感効果があることが明らかとなったのでその結果を紹介する。図4に、800nm光(半導体レーザー、パルス光(100Hz、60Wピーク200μsec幅))励起の場合の、緑色光(550nm)および赤色光(660nm)発光強度とErF₃含有量の関係を示した。Er同志の増感効果および発光源の増加によりErF₃の含有量の増加に伴って発光強度も増加している。Ybを添加したガラスは、未添加のガラスより強い発光を示し、未添加のガラスと同様にErF₃の含有量増に伴ってその発光強度が増加している。この効果は、Yb³⁺イオンにEr³⁺イオンの吸収したエネルギーの一部が伝達され、Yb³⁺のエネルギーが緩和する際に再びEr³⁺にそのエネルギーが伝達され、結果的にErのアップコンバージョン蛍光発光が助長されているためと考えられる。この過程では、Yb³⁺が

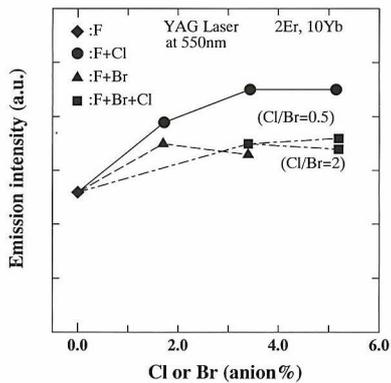


図2 アップコンバージョン蛍光発光強度の異種ハロゲン含有量依存性

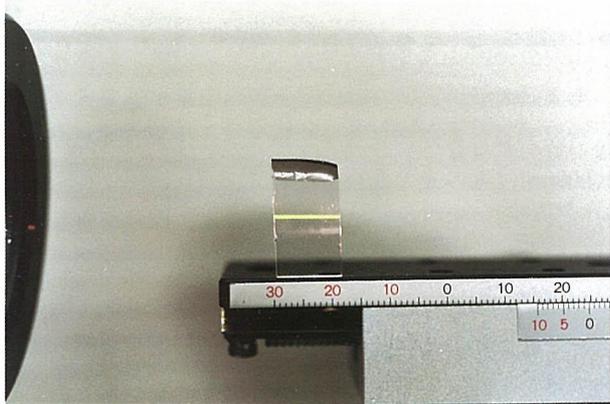


図3 YAGレーザー光入射アップコンバージョン蛍光発光 (Er、Yb含有ZBLANフッ化物ガラス)

エネルギーをあたかも一時的に貯えるがごとき働きをしていると考えられ、非常に興味深い。また、800nm光励起では、塩化物、臭化物の添加効果は約30%程度と小さいが、Ybの同時添加は約3倍の強度増加をもたらし、効率向上により効果的であることがわかった。全体での変換効率は、10W入力に換算して約2%と見積もられた。図5に、半導体レーザーを照射したときの発光状態の写真を示した。

おわりに

アップコンバージョン蛍光発光を利用した希土類含有ハロゲン化物波長変換ガラスはその効率が高々2%程度であるが、ガラスファイバー化しこれをレーザー発振キャビティとするファイバーレーザーの試みがなされ、いくつかの発振成功例がある。今後の研究の進展が期待される。また、本稿では、紙面の制限から機構についての研究結果を全て省いたことをお詫びする。

最後に、本研究が、科学技術振興調整費「レアメタルの高純度化による新機能創製のための基盤技術に関する研究」(第I期およびII期(昭和62年度～平成3年度))の援助により行われたこと、また、本研究で得られたガラスに関する特許が平成5年度第52回注目発明に選定されたことを記して感謝する。

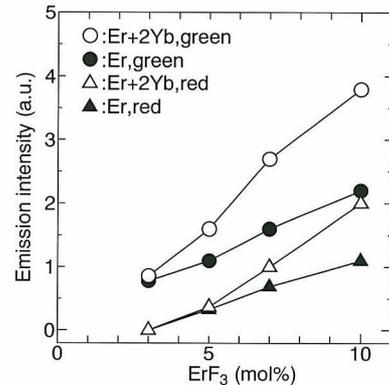


図4 アップコンバージョン蛍光発光強度のErF₃含有量依存性(800nm半導体レーザー励起)

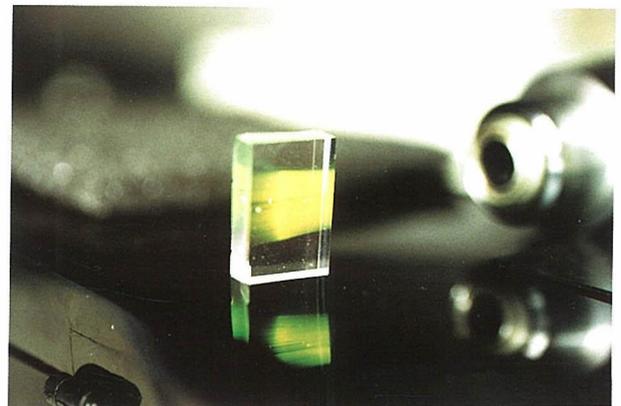


図5 半導体レーザー光入射アップコンバージョン蛍光発光 (Er、Yb含有ZBLANフッ化物ガラス)

平成6年度予算の概要

(単位：千円)

| 事 項 | 年 度 | 平成5年度 予 算 額 | 平成6年度 予 算 案 | 差 引 増 △ 減 額 | 備 考 |
|---------------------------------|-----|--------------------------|----------------|-------------------------|--------------|
| | | ㊦ 211,150 | | ㊦△ 211,150 | |
| (項) 科学技術庁試験研究所 (A) | | 2,752,011 | 2,754,973 | 2,962 | 対前年度比100.11% |
| (事項) 無機材質研究所に必要な経費 | | 2,029,933 | 2,074,792 | 44,859 | 対前年度比102.21% |
| 1. 人件費 | | 1,429,920 | 1,449,054 | 19,134 | |
| (1)既定定員分 | | 1,429,920 | 1,444,797 | 14,877 | 定員削減 △ 1名 |
| (2)新規増員分 | | 0 | 4,257 | 4,257 | 新規増員 研究職2名 |
| 2. 特別経費 | | 600,013 | 625,738 | 25,725 | 対前年度比104.29% |
| (1)経常事務費 | | 357,078 | 375,813 | 18,735 | |
| (イ)一般管理運営 | | 63,248 | 78,089 | 14,841 | |
| (ロ)研究部門運営 | | 280,080 | 283,974 | 3,894 | |
| (ハ)研究文献図書を整備 | | 10,493 | 10,493 | 0 | |
| (ニ)研究に関する基礎調査 | | 3,257 | 3,257 | 0 | |
| (2)官庁会計データ通信システム | | 3,812 | 4,354 | 542 | |
| (3)受託研究 | | 1,210 | 1,210 | 0 | |
| (4)特定設備運営 | | 103,311 | 109,759 | 6,448 | |
| (5)研究設備整備 | | 64,734 | 64,734 | 0 | |
| (6)無機材質特別研究 | | 69,868 | 69,868 | 0 | |
| | | ㊦ 211,150 | | ㊦△ 211,150 | |
| (事項) 重粒子線がん治療装置の研究 開発等に必要な経費 | | 722,078 | 680,181 | △ 41,897 | 対前年度比 94.20% |
| 1. 大型材料科学技術研究設備整備 | | ㊦ 211,150 | | ㊦△ 211,150 | |
| 2. 新超電導材料共同研究推進 | | 118,064 | 165,214 | 47,150 | |
| 3. 新超電導材料共同研究設備整備 | | 761 | 761 | 0 | |
| 4. インテリジェント材料研究の推進 | | 405,759 | 257,190 | △ 148,569 | |
| 5. 微小重力下における材料創製研究の 推進 | | 173,395 | 173,395 | 0 | |
| 6. 機能性スーパーダイヤモンド研究 | | 18,285 | 18,285 | 0 | |
| | | 5,814 | 65,336 | 59,522 | |
| (項) 科学技術庁試験研究所施設費 (B) | | ㊦ 1,273,275 | | ㊦△1,273,275 | |
| (事項) 科学技術庁試験研究所 施設整備に必要な経費 | | 603,886 | 870,655 | 266,769 | 対前年度比144.18% |
| 合 計 ((A) + (B)) | | ㊦ 1,484,425 3,355,897 | 3,625,628 | ㊦△ 1,484,425 269,731 | 対前年度比108.04% |
| (項) 国立機関原子力試験研究費 | | 35,185 | 58,971 | 23,786 | 対前年度比167.60% |
| (項) 科学技術振興調整費 | | 600,330 | — | — | |
| (項) 科学技術振興費 | | | | | |
| (事項) 官民特定共同研究に必要な経費 | | 19,947 | — | — | |

(注) 平成6年度の科学技術振興調整費及び科学技術振興費は未確定。

外部発表

投稿

| 登録番号 | 題 目 | 発 表 者 | 掲 載 誌 等 |
|------|--|--|--|
| 3236 | Vibrational spectra of Barium-Zirconium Sul-fides | 石井 紀彦・佐伯 昌宣 関田 正實 | Materials Research Bulletin 28, 493~500, 1993 |
| 3237 | 金属-絶縁体転移 | 菅家 康 | 日本結晶学会誌(クリスタット欄) 35, 244, 1993 |
| 3238 | AV ₆ O ₁₁ (A=Na, Sr) の結晶構造と磁性 | 菅家 康 | 日本結晶学会誌 35, 209, 1993 |
| 3239 | Electronic properties of ionic insulators on metal and semiconductor surfaces: RbCl on Si (100) and W(110) | 左右田龍太郎・速水 涉 相沢 俊・大谷 茂樹 | Journal of Vocuum Science and technology A 11(3), 535, 1993 |
| 3240 | Simultaneous Crystallization of Diamond and Cubic Boron Nitride from the Graphite Relative BC ₂ N under High Pressure / High Temperature Conditions | 佐々木高義・赤石 實 山岡 信夫・藤木 良規 及川 哲夫 | Chem. Mater 5, 5, 695~699, 1993 |
| 3241 | Electrochemical Deposition of Calcium-Deficient Apatite on Stainless Steel Substrate | 門間 英毅 | 日本セラミックス協会学術論文誌 101(7), 737~739, 1993 |
| 3242 | Direct oxidation of La ₂ CuO ₄ in an aqueous solution of KMnO ₄ | 室町 英治・佐々木高義 松井 良夫 | Physica C 207, 97, 1993 |
| 3243 | 粉末中性子回折によるCu ₆ O ₈ InCl及びCu ₆ O ₈ Cu ₂ Clの結晶構造の精密化 | 早川 博・秋葉 悦男 小野修一郎・伊原 英雄 泉 富士夫・浅野 肇 | 日本セラミックス協会学術論文誌 101, 7月, 745, 1993 |
| 3244 | 高周波熱プラズマによるインフライト・パウダープロセッシング | 石垣 隆正 | 先端技術ハイライト 2, 119, 1~5, 1993 |
| 3245 | CHARACTERIZATION of YB ₆₆ for USE as a SOFT-X-RAY MONOCHROMETOR CRYSTAL | Z.V. REK WONG 田中 高穂・上村 豊 | SPIE-vol. 1740 Optics for High-Brightness Synchrotron Radiation Beam 170, 1740, 1992 |
| 3246 | Crystal Structure of the Magnetoplumbite-Type Oxide NaFe ₃ V ₉ O ₁₉ | 菅家 康・泉 富士夫 森井 幸夫・船橋 達 加藤 克夫 | J. of Solid State Chemistry 104, 319-327 ('93) |
| 3247 | Low-energy D ⁺ Scattering from Cs and CsCl adsorbed on the Si(100)2×1 surface | 左右田龍太郎・速水 涉 相沢 俊・石沢 芳夫 | Surface Science 290, 245~254, (1993) |
| 3248 | Diffuse Reflectance Infrared Fourier-transform Study of the Plasma Hydrogenation of Diamond Surface | 安藤 寿浩・石井 紀彦 加茂 睦和・佐藤洋一郎 | J. CHEM. Soc, Faraday. Transations 89, (9), 1389 (1993) |
| 3249 | Fourier-Transform Infrared Photoacoustic Studies of Hydrogenated Diamond Surfaces | 安藤 寿浩・井上 悟 石井 紀彦・加茂 睦和 佐藤洋一郎・山田 理 中野 辰也 | J. CHEM. SOC, FARADAY TRANS. 89, (4), 749 (1993) |
| 3250 | AxMg x/2 Ti _{2-x/2} O ₄ (A=K, Rb, Cs) 単結晶の育成とそれを基材とした組成・構造変換によるプリダイトの合成 | 藤木 良規・佐々木高義 西尾 俊幸 | Gypsum & Line 245 228 (1993) |
| 3251 | Visualization of Oxygen Atoms in YBa ₂ Cu ₃ O _{6+x} High-Tc Spermconductors by Ultra-High-Resolution Electron Microscopy | 堀内 繁雄 | J. Electron Microc. 42, 166-171 ('93) |
| 3252 | Thermal Hydrogenation of Diamond Sufaces Studied by Diffuse Reflectance Fourier-transform Infrared, Temperature-programmed Desorption and Laser Reman Spectroscopy | 安藤 寿浩・石井 紀彦 加茂 睦和・佐藤洋一郎 | Journal of the Chemical Society Foraday Transations 89, (11), 1783-1789, 1993 |
| 3253 | 2D-angular correlation of positron annihilation on CeSb single crystals | 伊藤 文武・桜井 浩 千葉 利信・赤羽 隆史 鈴木 孝・久保 康則 | Physica B 186-188, 169~172, 1993 |
| 3254 | 電子セラミックス粒界の評価 -ICTS法の原理と応用- | 秋田 千芳・田中 滋 田中 順三 | ニューセラミックス 7, 49~58, 1993 |
| 3255 | 「Ion-Ex '93」に出席して | 小玉 博志 | 日本イオン交換学会誌 4, 2, 147~148, 1993 |
| 3256 | Deposition from the vapour phase during induction plasma treatment of alumina powders | 石垣 隆正・板東 義雄 守吉 佑介・M.I. Bouls | Journal of Materials Science 28, 4223~4228, 1993 |
| 3257 | Effect of Grain Growth of β-Silicon Nitride on Strength, Weibull Modulus, and Fracture Toughness | 広崎 尚登・秋宗 叔雄 三友 護 | Journal of the American Ceramic Society 76, 7, 1892~1894, 1993 |
| 3258 | Pressure derivatives of the Curie temperature of spinel-type CoCr ₂ O ₄ and CoMn ₂ O ₄ | 田村 脩蔵 | Physica B 190, 150~154, 1993 |
| 3259 | Pressure dependence of the Neel temperature of eu opium measured with a strain gauge to 2 GPa | 田村 脩蔵 | High Temperature-High pressures 24, 711~712, 1992 |
| 3260 | Chemical State Analysis of Grain Boundaries in ZnO Varistors by Auger Electron Spectros-copy | 田中 滋・秋田 千芳 大橋 直樹・河合 潤 羽田 肇・田中 順三 | Journal of State Chemistry 105, 1, 36, 1993 |

| | | | |
|------|--|--|---------------------------------------|
| 3261 | Electronic structure of monolayer graphite on some transition metal carbide surfaces | 長嶋 礼人・奴賀 謙治 佐藤 耕輔・井藤 浩志 市川 竹男・大島 忠平 大谷 茂樹 | Surface Science 287/288, 69, 1993 |
| 3262 | Deformation of octahedra at LaB ₆ (100) surface studied by HREELS | 長尾 忠昭・北村 和夫 飯塚 義尚・梅内 誠 大島 忠平・大谷 茂樹 | Surface Science 287/288, 391, 1993 |

メ モ

研究会

2月28日、第7回耐熱材料研究会が「電子エネルギー損失分光法(EELS)の最近の進歩と材料への応用」の演題で開催された。

3月2日、第32回高融点化合物研究会が「金属二ホウ化物の成長機構」の演題で開催された。

3月7日、第2回光科学研究会が「特大バンドギャップ半導体的材料の作製と物性」の議題で開催された。

3月15日、第6回バナジン酸塩研究会が「構造不整とポリタイプへの空間群部分群関係の応用」の演題で開催された。

3月16日、第8回耐熱材料研究会が「多相系セラミックス複合材」及び「サファイア単結晶の還元窒化によるAlNの合成」の演題で開催された。

3月24日、第10回マルチコアプロジェクト新物質探索研究会が「鈹物系及び関連物質の高圧における熱力学的性質」の演題で開催された。

3月25日、第3回マルチコアプロジェクト単結晶化研究会が「超電導酸化物単結晶のエピタキシー」の演題及び「酸化物超電導体単結晶技術の方向」の議題で開催された。

3月25日、第7回金属硫化物研究会が「セラミックス粉体と焼結機構」の演題で開催された。

3月30日、第2回BCN研究会が「層状物質及び窒化リチウム」の演題で開催された。

国際シンポジウム

3月13日～17日、中核的研究拠点(COE)による「先端材料国際シンポジウム'94」を開催し、超高圧力、超高温、超微細構造解析の研究について招待講演が行われた。

人事異動

板東 義雄(第3研究グループ主任研究官)

管理部企画課の併任を解除

内田 吉茂(第11研究グループ主任研究官)

管理部企画課に併任

(以上、平成6年2月1日付)

松田 伸一(第1研究グループ主任研究官)

辞職

(以上、平成6年3月28日付)

江良 皓(特別研究官)

定年退職

大島 弘歳(第1研究グループ主任研究官)

定年退職

塩田 勝(第10研究グループ主任研究官)

定年退職

守吉 佑介(先端機能性材料研究センター総合研究官)

辞職

門間 英毅(第10研究グループ総合研究官)

辞職

(以上、平成6年3月31日付)

渡辺 遵(第7研究グループ主任研究官)

第8研究グループ総合研究官に昇任

田中 順三(第10研究グループ主任研究官)

第10研究グループ総合研究官に昇任

月岡 正至(第14研究グループ主任研究官)

特別研究官に昇任

佐藤洋一郎(第8研究グループ総合研究官)

先端機能性材料研究センター総合研究官に配置換

渡辺明男(第1研究グループ主任研究官)

第7研究グループ主任研究官に配置換

和田 芳樹(第6研究グループ主任研究官)

第7研究グループ主任研究官に配置換

佐々木高義(第7研究グループ主任研究官)

第8研究グループ主任研究官に配置換

道上 勇一(第7研究グループ研究員)

第8研究グループ研究員に配置換

関根 利守(第8研究グループ主任研究官)

超高圧カステーション主任研究官に配置換

安藤 寿浩(第8研究グループ研究員)

先端機能性材料研究センター研究員に配置換

相沢 俊(第12研究グループ研究員)

第12研究グループ主任研究官に昇任

斎藤 紀子

第1研究グループ研究員に採用

丹所 正孝

第2研究グループ研究員に採用

遊佐 斉

超高圧カステーション研究員に採用

渡邊 賢司

先端機能性材料研究センター研究員に採用

(以上、平成6年4月1日付)

外国人の来所

1. 来訪日 平成6年3月14日
来訪者名 Dr. Harry Swain
カナダ産業省事務次官
2. 来訪日時 平成6年4月11日
来訪者 謝 長宏 他2名
台湾国家科学委員会
3. 来訪日時 平成6年4月14日
来訪者 Dr. H. Bolt 他3名
ドイツ政府科学技術調査団

海外出張

第4研究グループ主任研究官松井良夫は、「第8回国際表面及びコロイド科学会議に出席・発表」のため平成6年2月12日から平成6年2月20日までオーストラリアへ出張した。

第6回研究グループ主任研究官和田芳樹は、「第2回共役高分子とフラーレンの光学測定に関する国際会議に出席・発表」のため平成6年2月15日から平成6年2月21日までアメリカ合衆国へ出張した。

第8研究グループ総合研究官佐藤洋一郎は、「均質核形成の観測制御技術に関する意見交換」のため平成6年2月20日から平成6年2月28日までアメリカ合衆国へ出張した。

特別研究官堀内繁雄は、「シンポジウム“超高压高分解能電子顕微鏡—成果および再なる発展” 出席・講演」のため平成6年2月20日から平成6年2月27日までドイツ連邦共和国へ出張した。

第1研究グループ主任研究官松田伸一は、「研究協力者海外派遣事業における研究計画の打ち合わせ及び研究設備・機器等の事前調査」のため平成6年2月21日から平成6年2月25日までタイ王国へ出張した。

第12研究グループ主任研究官大谷茂樹は、「高温材料ホウ化物の高機能化に関する研究」のため平成6年2月28日から平成6年3月13日までドイツ連邦共和国へ出張した。

第12研究グループ主任研究官田中高穂は、「軟X線分光用YB₆結晶素子の評価実験および研究討論」のため平成

6年3月10日から平成6年3月24日までアメリカ合衆国へ出張した。

第12研究グループ総合研究官石沢芳夫は、「高温材料ホウ化物の高機能化に関する研究」のため平成6年3月13日から平成6年3月27日までドイツ連邦共和国へ出張した。

先端機能性材料研究センター主任研究官神田久生は、「米国物理学会1994年・年會に出席・発表および研究所訪問」のため平成6年3月20日から平成6年3月28日までアメリカ合衆国へ出張した。

先端機能性材料研究センター研究員サイモン クレイグ ローソンは、「米国物理学会1994年・年會に出席・発表および研究所訪問」のため平成6年3月20日から平成6年3月28日までアメリカ合衆国へ出張した。

未知物質探索センター総合研究官君塚昇は、「インジウムを含む多元系物質の体系化に関する研究」のため平成6年3月22日から平成6年3月30日までドイツ連邦共和国へ出張した。

第4研究グループ主任研究官泉富士夫は、「高Tc超電導体の結晶構造解析に関する研究」のため平成6年3月26日から平成6年4月6日までアメリカ合衆国へ出張した。

所内一般公開

当研究所は、4月22日(金)科学技術週間の一環として超高分解能超高压電子顕微鏡、大容量超高压力発生装置等の研究施設・設備の一般公開を行った。当日は、252名の見学者が訪れた。

特別公開(ガラス細工教室)

当研究所は、4月23日(土)科学技術週間の一環として、近隣の中学生を対象にしてガラス細工教室を行った。当日は、29名の参加者が訪れた。



発行日 平成6年5月1日第145号

編集・発行 科学技術庁 無機材質研究所

NATIONAL INSTITUTE FOR RESEARCH IN INORGANIC MATERIALS

〒305 茨城県つくば市並木1丁目1番

電話 0298-51-3351

FAX 0298-52-7449