

# IMRニュース KINKEN

2005  
SUMMER  
東北大学金属材料研究所  
VOL.47

## CONTENTS 目次

- トップメッセージ／所長 井上明久  
「法人化1年目を振り返って」
- 研究最前線／新石器時代の到来
- 研究室紹介／「将来のエネルギーを支える先端材料」  
「外場を利用した新しいバルク結晶成長の展開」
- 金研物語／戦後の鉄鋼業界をリードした今井勇之進先生
- 施設だより／「金属ガラス・無機材料接合開発共同研究プロジェクト」
- 金研ニュース／「第74回金研講習会/第1回物質・材料若手学校」報告
- 金研インフォメーション／Second Japan-Australia Workshop  
on Advanced Materials開催報告
- RESEARCH-INDEX／交通信号機の青色用発光材料  
『人事ニュース』

「ハブの牙の電子顕微鏡写真(高純度金属材料学研究部門提供)」

## 法人化1年目を振り返つて



所長 井上 明久

日本の高等教育体制の第3の改革と位置づけられた国立大学法人がスタートして、約1年が経過しました。この金研ニュースで、法人化に伴った金研内の組織、管理、運営、教育・研究および評価などの各体制の変化については、すでに紹介しています。今回、法人化後1年間、これらの新しい体制において、金研内で順調に事が運んでいる事項と今後さらに検討を要すると考えられる事柄をここに紹介します。情報共有しあうことは、金研の今後の発展にとって重要であると考えるからです。

管理・運営での所長を補佐する体制として、2つの副所長ポストが設けられ、研究企画、情報、安全衛生管理などの職務をそれぞれ担当しております。この1年間職務を精力的にこなしていくだけであり、新たに設けられた副所長室での会議の回数も増えてきています。今後、これらの業務のさらなる分権化を進め、議論の余地が残る最終決断を要する案件のみに所長が関与する体制への移行期と思っています。

管理運営体制の他の大きな変革として、運営会議の発足があげられます。所長や研究企画などの各室から出された議題を、本会議で審議・決定して教授会に報告する体制も、軌道に乗り始めています。決定事項を教授会ではかなり丁寧且つ詳細に説明を試みておりますが、以前のように教授会で審議する様式ではなくなってしまっていますことから、一部の教授会構成員からは教授会の役割に物足りなさを感じているとの声も聞かれます。審議・決定の背景や経緯への情報のより充分な伝達を行うことにより、要望に答えていきたく思っています。なお、この点を解消するために、所長との懇談時間を増やすことにしています。

教授会は教授、助教授、講師などの構成員の顔合わせ、意見交換を兼ねた懇談の場ともなるため、金研では回数

を減らすことなく、時間短縮を図ることにより各教員の研究・教育時間を増やすことを心がけています。議題によりますが、一般的にはこの1年間で教授会の時間はかなり短縮されたと思っています。教員人事は金研の根幹であるために、戦略スタッフなどの一部の教授人事以外、プロジェクト研究スタッフとしての教員も通常の教員とほぼ同じ審議過程を経て、教授会構成員になって頂くことにしました。

最後に、重要な項目として予算が上げられます。法人化後の金研の中期目標・計画に基づいた研究・教育事項の実現のための予算獲得は、特別教育研究費の枠組み内で申請する仕組みに変わりました。この経費の申請法としては、まずこれまでの実績や評価に基づいて金研の発展に繋がる斬新で魅力ある提案を立てて、東北大学法人の総長、役員会での評価・理解を得た後に、東北大学法人から文部科学省に提出されます。その後、文部科学省、科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会で審査、承認を得て文部科学省案となります。この特別教育研究経費は、(1)教育改革、(2)研究推進、(3)連携融合事業、(4)特別支援事業の4つの枠組みに分かれしており、幸いにも平成17年度金研では(1)全国共同利用附属研究所連携事業(東北大学、大阪大学、東京工業大学)金属ガラス・無機材料接合開発共同研究プロジェクト、(2)ナノマテリアル機能創製研究事業および(3)先進材料科学共同研究拠点形成事業の3プロジェクトが認められました。これもひとえに、教員、事務職員、技術職員の三位一体の金研の日頃の活動が評価された結果と考えております。

17年度も金研所長として、金研発展のために最大限の努力を重ねたいと思っています。今後も皆様方のご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

## 研究最前線

窒化ガリウム(GaN)を用いた青色発光ダイオード(LED)や蛍光体と組み合わせた白色LEDは、最近猛烈な勢いで我々の生活にとけ込んでいる。これは言うまでもなく赤崎・

中村両氏による執念の結実で、「日本発」の大きなブレークスルーであった。蛍光灯や電灯による照明を、はるかに効率の良い白色LEDで置き換えるれば大幅にエネルギー消費を節約でき、京都議定書で決めたCO<sub>2</sub>削減目標の20%↑

をまかなえる。2010年頃の市場規模は1兆円と言われている。

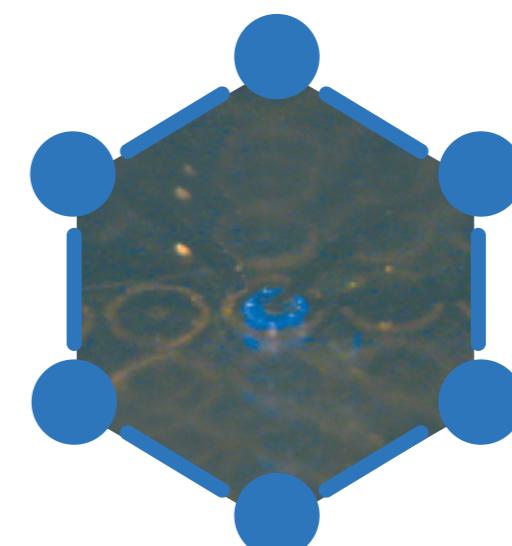
しかし、GaNにも弱点がある。その弱点を克服する新しい材料として酸化亜鉛(ZnO)が注目されている。GaN-LEDの原料であるGaやInは資源的に乏しく、大量消費で価格が高騰する懸念がある。また、2インチ程度のGaN単結晶ウエハを生産する現実的なプロセスが未開発である。したがって、格子整合しない絶縁体のサファイアを基板として使用せざるをえない。そのために特殊な工夫が必要で重要な特許となり、LEDや

## 新石器時代の到来

超構造薄膜化学研究部門 川崎雅司

レーザを供給できるメーカーが限られる。

ZnOは、化粧品やタイヤのゴムの硬化剤に使われる白い粉で安価であり、資源としてほぼ無尽蔵に存在する「石ころ」のようなものである。また、単結晶も簡単に大量合成でき、導電性を付与できるので上記の問題はない。さらに、LEDの先には半導体レーザが大きな市場となり得るが、レーザ発振の効率がGaNより10倍程度良くなることは、すでに我々が光励起実験で実証済みである。ただ、天然にはn型になってしまいZnOをp型に転換する技術が未開発であったためLEDが作れなかった。



「金研發」の技術として、そのブレークスルーにつながる突破口を開いたのが、我々の最近の研究成果である。それは、薄膜結晶の成長中に、温度を400°Cと1000°Cを瞬時に繰り返し往復して、と

け込みにくいp型不純物である窒素を無理矢理とけ込ませる「反復温度変調法」の発明であった。初めて光ったZnO-LEDは、まだ「ほのかに」光る程度であるが、今後の技術課題に挑戦する「勇気」が湧き出るには十分に明るい光である。

これまで、ZnOや酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)などありふれた単純な酸化物に、透明トランジスタや透明磁石という新機能を与えてきた。今回のLEDの開発で、電気・磁気・光機能の3拍子がそろつたことになる。人類の文明は、その時代を象徴する物質や材料で歴史として名を刻む。石器・鉄・石油・半導体と続いた文明が、酸化物が主役となるエレクトロニクスで再び石器時代へと突入することを夢見て、さらに驚くべき酸化物の新機能を探したい。

# 将来のエネルギーを支える先端材料

原子力材料工学研究部門 松井秀樹

21世紀におけるエネルギー問題を打開する上で最も期待されているのが核融合システムで、国際的な協力の下に研究が行われています。核融合システムの構成材料は、極めて過酷な環境に長期間おかれるため、高性能、長寿命が求められています。当研究室では、核融合環境に耐え得る低放射化極限材料の開発に向けた研究を、世界に先駆けて行っています。また、現在稼働中の原子炉における構造材料の健全性評価に関する研究にも力を入れています。

## ヘリウムと空孔型複合欠陥の相互作用

核融合炉材料のヘリウム脆化の解明を目的として、金属中のヘリウム挙動に関する研究を行っています。バナジウム合金では、侵入型不純物と空孔集合体の複合欠陥集合体が生成されるため、ヘリウムバブル核形成・成長の機構は他の金属に比べて複雑であり、十分な理解が得られていません。そこで、私たちは、純バナジウム中でのヘリウムバブル形成のごく初期段階での、ヘリウム・空孔複合集合体形成の素過程に及ぼす不純物の影響を明らかにしました。

ヘリウム昇温脱離スペクトル(図1)に1次脱離の理論式を用いてピークフィッティングを行い、不純物濃度と各ピークの成長の相関を詳細に検討することにより、不純物濃度に依存性をしめすピークと、そうでないものを分離することに成功しました。XV型のヘリウムトラップ核を形成した際、ヘリウムの結合エネルギーに対するX=N、Oの効果は、両者ともほぼ同等であり、1000appm程度から飽和をはじめ、2000appm以上において不純物が原子空孔型複合欠陥形成に及ぼす実効的効果は完全に飽和をすることがわかりました。

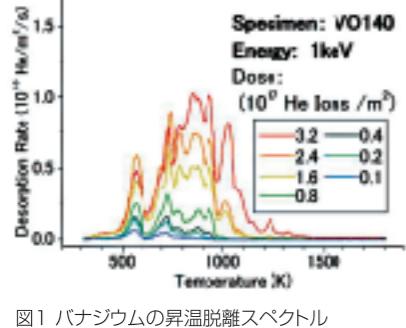


図1 バナジウムの昇温脱離スペクトル

## 照射欠陥と運動転位の相互作用

照射硬化・脆化の予測のためには、照射欠陥と転位の相互作用のメカニズムに関する基礎的な知見が不可欠です。私たちは、透過型電子顕微鏡による引張り・引張り・引張り試験、応力下超音波減衰測定、振幅依存内部摩擦測定、分子動力学法等のユニークな手法を用いて、実験と理論計算の両面から転位と照射欠陥の相互作用を調べています。転位の障害物としては、軽水炉圧力容器鋼における微細鋼析出物や核融合炉材料中のヘリウムバブルに着目しています。また、転位チャネリングの発生メカニズムの解明に関しても研究を進めています。

図2は透過型電子顕微鏡内引張り試験により得られた強度因子のボイドサイズ依存性を示しています。ボイドサイズの増加に伴い、転位が大きく張り出し、転位運動に対する強い障害物になっていることがわかります。図3は分子動力学法による鋼中の刃状転位とボイドのシミュレーション結果です。運動転位がボ

イドから離脱するときの張り出し角を測定することにより、照射欠陥による材料の硬化を評価しました。

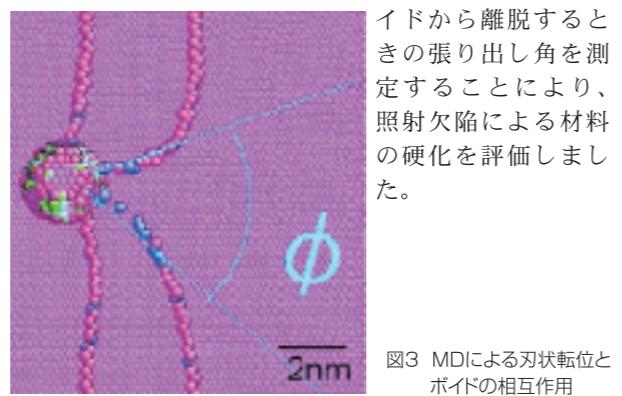


図3 MDによる刃状転位とボイドの相互作用

# 外場を利用した新しいバルク結晶成長の展開

結晶材料化学研究部門 宇田 聰

## 新しいバルク結晶成長法の必要性

バルク結晶の育成技術手法は、過去数十年間、変わりません。引き上げ法やブリッジマン法による育成技術が主流で、シミュレーションによる制御の高精度化はなされていますが、成長の基本制御の考え方は今も昔も変わらないです。これでは、仮に新物質、新材料が開発されたとしても、肝心の育成技術に進歩が無いため、これらの優れた物質がその真価を發揮せしめてしまう可能性があります。そこでわたし達は、外から手を加えてバルク結晶成長のメカニズムを操作する研究を始めました。

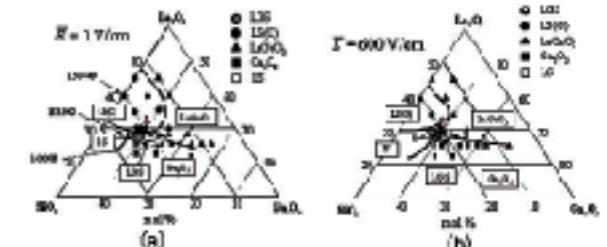
## ブラックボックス化した固液界面に刺激を与える

バルク結晶育成で一番重要なのは、固液界面現象の把握です。しかし、界面での成長ダイナミックスを微視的に捉えることは容易ではなく、固液界面はブラックボックス化されています。そこでわたし達は、ブラックボックスに外側から刺激を与え、その刺激に応じたアウトプットから界面現象を解析し、さらに操作する研究を行っています。刺激は、電場、磁場、応力歪み場などの外場です。

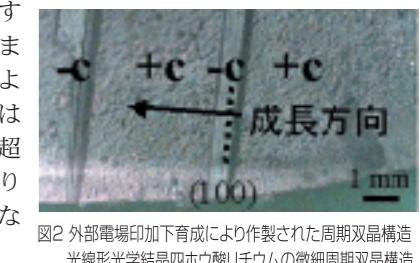
## 外部電場により、相平衡関係と成長ダイナミックスを操作する

ここでは、外部電場を利用した新しい結晶成長法について紹介します。界面電場は、結晶成長に対し、(1)熱力学的相平衡関係に影響を与えます。また、(2)成長ダイナミックスにも影響を与えます。前者は、融液一固相間の自由エネルギー関係を変化させ、結晶組成や相転移点、融点などを操作することを可能にします。後者は、結晶成長に関わる駆動力に影響を及ぼし、成長モードを修飾し、結晶構造や対称性を変えたり、複合結晶の作製が出来ます。

(1)の例:ランガサイトのコングルエント成長 外部電場により融液と固相の相安定関係が逆転し、非コングルエント物質であるランガサイトのコングルエント成長(融液からの直接成長)が可能になりました。図1に、600V/cmの電場を成長システムに印加すると状態図が変化し、ランガサイトの非コングルエント性がコングルエント性に変わる様子を示します。

図1 外部電場により状態図が変化する様子  
三元状態図(La2O3-Ga2O3-SiO2) (a)電場0 (b)電場600V/cm

(2)の例:微細周期双晶構造の作製 非線形光学結晶の四ホウ酸リチウムの育成において、外部電場を周期的にパルス印加すると物質輸送と成長キネティクスが修飾され、結晶対称性の周期的な変化による微細周期双晶構造が作製できます(図1)。これを利用して、波長変換に必要な擬似位相整合構造をビルトインした結晶を育成することができます。波長変換による真空紫外光は、次世代半導体超微細加工にとり重要な光源になります。

図2 外部電場印加下育成により作製された周期双晶構造  
光線形光学結晶四ホウ酸リチウムの微細周期双晶構造

# 戦後の鉄鋼業界をリードした 今井勇之進先生

東北大学名誉教授 増本 健



## 略歴

1931年 東北帝国大学工学部金属工学科卒業  
1932年 海軍航空技術廠へ入廠  
1940年 東北大学金属材料研究所助手  
1943年 同 助教授  
1947年 同 教授  
1971年 東北大学停年退官 東北大学名誉教授  
1979年 日本学士院会員

## 学会・社会活動

日本学術会議会員(第8期)  
日本金属学会会長  
金属博物館館長

## 受賞

日本学士院賞  
日本金属学会賞  
本多記念賞  
アメリカ金属学会フェロー  
勲二等瑞宝章  
文化功労者

今井先生(右) 著者(左)

## ■新渡戸稻造の教え■

今井勇之進先生が急逝されたのは、94才を迎える直前の平成13年9月でした。その生涯は、明治・大正・昭和・平成の4代に亘り、正しく戦前・戦後の激動の時代を過ごされました。先生は、明治40年10月12日旧柳原村小島(現長野市)の旧家今井酒造の長男として生まれ育ちました。そして、中学時代(現高校に相当)に、当時の代表的国際人であり教育者であった「新渡戸稻造」の教えに感化されたのでした。その教えは、「大事をなすには人の出会いが大切である」、「人間性を養うには、名著や古典、歴史書と親しむべし」だったそうです。先生の人生は、まさにこの教訓に生きたと言えます。

## ■日本の鉄鋼材料研究分野の 第一人者■

旧制第4高等学校を終了した後、昭和3年東北帝国大学工学部金属工学科に入学、昭和6年に卒業されました。その後、直に海軍航空技術廠に入廠されましたが、不運にも病に倒れ、昭和8年から7年間の長い闘病生活を過ごされました。この青春時代の生死を分ける病床生活において、多くの文学書を読み、宗教に興味を持ったとのことです。7年後、奇跡的に完治した先生は、昭和15年春に恩師村上武次郎先生から請われて金

属材料研究所に助手として入所し、戦後の昭和22年村上研究室「特殊鋼部門」のあとを引き継いで教授に昇進されました。金研時代の研究は、特殊鋼のみならず鉄鋼全般の広い分野に及んでおり、戦後におけるわが国の鉄鋼材料分野の第一人者として大きな役割を果たしました。

当時のわが国の急速な復興は、主に鉄鋼業の発展に負うところが大きく、わが国の粗鋼生産量が一億トンを超えて世界一になつた時代でもありました。そのため、研究室には多くの企業研究生が在籍し、委託研究費にも恵まれていました。主な業績としては「鋼におよぼす微量元素の効果に関する系統的研究」が挙げられます。特に、国際的には「窒素の今井」として高く評価されたことは有名であり、この研究により日本学士院賞を受けています。その他、鋼の恒温変態組織図(博士論文)、合金鋼・耐熱合金の冶金学的研究、半均質炉冷却媒体用材料の研究などがあり、これらの一連の研究によって、本多記念賞、日本金属学会賞を受け、さらに昭和54年に日本学士院会員、平成4年に文化功労者として顕彰されたのです。

**■文学の素養と宗教心■**

一方、先生に並々ならぬ文学の才能があった事は、晩年に自費出版された幾つかの

書から理解することができます。その一つである『ふるさと』(平成5年発行)には、廻生(てきせい)の筆名で俳句300点が掲載されています。また、親交された方々には、大学関係者以外に、皇族、社長、芸術家、音楽家など極めて幅広い著名人が居られました。世界初の金属博物館を仙台に創設する際、この広い交際を基に自ら多くの貴重な資料を収集し、その上、金属考古学を主題とする世界唯一の国際学術誌「Bulletin of the Metals Museum」を創刊しました。

晩年の昭和末期のバブル崩壊後は、先生の関心は我が国の将来に向けられ、著書『たどる』(平成8年発行)の中に現世相を心配する切々たる心情が述べられています。また、宗教への強い信仰心は、自叙伝『停年まで』(昭和46年発行)に見ることができます。学生時代のキリスト教外人牧師との出会いと信仰、急進派ホーリネスへの入信、夏休みの京都知恩院無門関の聴講などによって、常に心の糧を補う努力をされたと述懐しています。先生が人生の最後をキリスト教の下で迎えられたのは、ご自身の強い希望であったと聞いています。そして、9月19日早朝、家族、親族と病院関係の方々に囲まれ、牧師の厳かな追悼ミサの下で見送られたのでした。

# 施設 だより

## 「金属ガラス・無機材料接合開発 共同研究プロジェクト」

金属ガラス総合研究センター長 井上明久

平成17年4月1日より、東北大学金属材料研究所附属新素材設計開発施設が、同附属金属ガラス総合研究センターに改組されました。これと時期を同じくして、法人化後の新しい概算要求方式である特別教育研究経費において、東北大学金属材料研究所、東京工業大学応用セラミックス研究所と大阪大学接合科学研究所の3機関が連携して行う「金属ガラス・無機材料接合開発共同研究プロジェクト」が、5年間の時限(2005.4 ~2010.3)で認められました。プロジェクト研究内容は創製、機能特性、評価・解析、応用および接合の5分野に大別されて

おり、本所で見出されたバルク金属ガラスのさらなる研究開発の進展と実用化を目指しております。中でも、3機関で行う金属ガラス同士や金属ガラスと結晶金属あるいはセラミックスなどの異種材料との接合に関する開発研究は、重要な研究課題と位置付けられています。近日中に、約10名のプロジェクト教員が採用され、金属ガラスを中心としたプロジェクト研究を推進することになっています。

今後5年間の本プロジェクトの発展を暖かく見守って頂くと共に、ご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

## KINKEN NEWS

金研ニュース

## 「第74回金研講習会/ 第1回物質・材料若手学校」報告

松原英一郎

金属材料研究所の研究成果の産業界への情報発信と社会人教育を目的に、これまで70年以上にわたり行われてきました金研講習会の国立大学法人化に伴う新たな展開として、物質・材料若手学校を企画し、平成17年3月3日から5日まで仙台市郊外の秋保で開催しました。今回、この学校は、福山教授をチエアに、松原がチエアとして補佐する形で、国際連携での新規・萌芽研究の育成を掲げる材料科学国際フロンティアセンター(IFCAM)と、国際的見地に立った若手研究者育成を目指す21COE「物質創製・材料化国際研究教育拠点」が共催で開催されました。

学校の準備期間が大変短かったにもかかわらず、大学の修士・博士課程や企業の若手研究者ら約60名が学校に参加し、2泊3日にわたり寝起きを共にしながら、終日活発な討論がなされました。学校では、酸化物電子物性、スピノレクトロニクス、低次元物質、金属ガラス、水素貯蔵物質などに関する金研の7名の先生による講義と、5名の博士課程およびポストドクターによる研究発表に加え、21世紀COEフェロー、博士課程学生による30件のポスター発表を実施し、発表に対する自由な討論を通して、若手研究者間の交流と情報交換を行うことができました。

また、口頭発表および質疑応答は、すべて英語で行われました。その結果、約3分の1は外国人留学生が参加したこと、これまでの金研講習会にはない特筆すべき点です。

学校終了後に行われた参加者全員による全体討議では、本校の案内に不十分な点があったこと、とくに英語での案内が遅れたことや、若手研究者間での研究活動をお互いに知るために今回5件の若手研究者による発表をさらに増やして欲しいことなどの意見がありました。とはいえ、会議に対する参加者全体の印象は極めて良好であり、今後もこの物質・材料若手学校の継続が望まれました。

これらの反省点や改善点を踏まえ、第2回目は、基本路線は今回の路線を踏襲して高梨教授をチエアに今年8月初旬に開催する予定で準備を進めています。さらに多くの全国からの若手研究者の参加により、若手研究者間の研究交流を通して、新たな研究の芽が育成されることを期待しています。

## KINKEN INFORMATION

金研インフォメーション

## Second Japan-Australia Workshop on Advanced Materials 開催報告

藤川安仁

2004年1月に金研において開催された第1回のワークショップが成功裏に幕を閉じたのを受け、今回東北大学とシドニー大学との間の研究及び人材交流の更なる促進を目的として、第2回のワークショップが2004年12月5日~7日に、シドニーにおいて開催されました。

今回のワークショップにおいても、ノーベル賞受賞者であり、東北大学の名誉博士でもあるローラー博士をはじめ、東北大学からは金研を中心に多元研、通研からも出席者を得て質の高い講演・討論を行い、シドニー大学からも62名が参加して活発な研究情報の交換が行われました。最後に東北大学側から北村理事及び井上金研所長、シドニー大学側からはホスト役のベニア学部長およびリンガー教授が総括を行い、今後の研究交流の推進の方向性、特に人材交流の重要性を確認してワークショップを成功裏に終わることができました。

ワークショップの終了に引き続き、ローラー博士による公開特別講演会が“The Magic and Power of Small”と題して開催され、こちらも300人の聴衆を集めて好評でした。

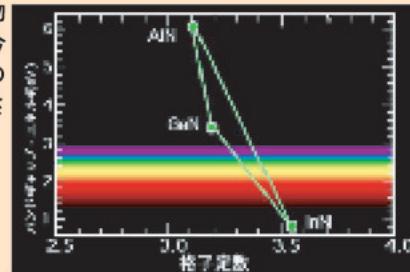
交通信号機の光源が、電球から発光ダイオード(LED)に変わりつつあります。消費電力が電球の約1/5となり、年1回の電球交換も不要となり、コスト削減になります。また、太陽光が信号機に直射したときの擬似点灯がなく、安全面でもLEDは優れています。

この信号機へのLED導入は、青色LEDが作り出されたことによって3色が揃ったことではずみがつきました。

この青色LEDを構成する材料は、インジウム、ガリウム、アルミニウム、そして、窒素からなる窒化物半導体です。得られる色の範囲は、図に示すように、紫外から赤外までです。この材料の結晶構造は、今まで広く使われてきた半導体材料のサイコロ型と異なり、六角柱型です。

この構造から発現する分極効果はトランジスタを構成する既存材料ない魅力であり、高速・大電力用のトランジスタの実現も期待されております。さらに、実用材料である砒化ガリウムや磷化インジウムなどと異なり、砒素や磷などを含まず、環境に優しい材料であります。窒化物半導体は、今後ますますの発展が予測されます。

(松岡隆志)



### 編・集・後・記

IMRニュース本号Vol.47(夏号)をお送り致します。今回のIMRニュースには、「研究最前線」で川崎先生のZnOによる青色発光ダイオードのお話と、「金研物語-先達との出会い-」で増本健先生による今井勇之進先生のお話を掲載しています。金研の最先端の話と、歴史的な話を対比してみると、「温故知新」的な発見があるのではないかと思います。時間の流れの早い現代で、どっしりと腰を落ち着けた研究も必要なのかもしれません。前号Vol.46では定

年退職された方のうち一部の方のご挨拶を掲載しておりましたが、Vol.47の「人事ニュース」では3月に定年退職された全ての方々を掲載しております。平成16年度は、15名もの方々が定年退職されました。これまでの御苦勞に感謝すると共に今後のご活躍をお祈り致します。皆様のご協力によって成り立っているIMRニュース、広報班共々よろしくお願い申し上げます。(淡路 智)



### 東北大学金属材料研究所

発行日：2005 vol.47 平成17年6月発行  
編 集：東北大学金属材料研究所 情報企画室広報班  
〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1  
TEL.022-215-2144  
pro-adm@imr.tohoku.ac.jp  
<http://www.imr.tohoku.ac.jp>