

## TODAY

## — ひとを育てる —



東京工業大学大学院  
理工学研究科材料工学専攻

## 教授 里 達雄

大学に身を置く者として、最大の仕事は何かと問われれば、やはり「ひとを育てること」と答える。日々、どのようにすれば若者が育ち、伸びていくかを考えている。とりわけ、理工系大学にいる者としては将来の科学技術・産業を担う科学者・技術者の育成に日々向き合い、頭を悩ませている。最近、理工系分野、特に工学系分野を志願する高校生が減少し、さらには理科に興味をもつ小中学生も減っていることが指摘されている。世の中には新しい技術製品があふれ、IT関連機器が普及しているが、科学技術そのものに対する社会の関心は逆に薄れているように思われる。そのような背景もあり、最近、技術者育成・人材育成の必要性が叫ばれ、各種の試みが始まっている。遅きに失した感はあるが、「ひとを育てる」ことは社会の根幹をなす重大事である。各分野での中核人材育成はすでにスタートし、さらに、本年度から「産学人材育成パートナーシップ」がスタートしている。「ひとを育てる」ことは当然短期のプロジェクトで実を結ぶものではなく、「継続的であること」が極めて重要である。

それにしても、なぜ子供たちは理科に興味を持たないのだろう。私見では、「子供たちが興味を持たない」のではなく、「大人や社会が子供たちの理科への興味を奪っている」と思われる。ノーベル賞受賞者白川英樹先生は、「子供たちの理科離れが心配されているが、子供たちの多くは生来理科好きで科学に十分に興味を持っている。それを伸ばすのは大人の責任である。」と明言されている（「私の歩んだ道」）。子供たちは小さい頃から自然界や宇宙などに

尽きない興味を持っている。その興味を持続させ、発展させる社会環境が必要なのではないか。「自然に触れる感動」を子供たちに実感させること、これがまず大事なことである。そして、その感動を「夢」に発展させ、さらに「夢の実現」に向かって進む力を育むこと。その手助けを大人や社会はすべきだろう。では、どうすれば子供たちに感動を与えられるのか。まず、「子供たちの感性を大事にすること」だと思う。大人の安易な理屈や常識は無用である。子供たちにありのままの自然に触れる機会を多く与えること。人工的な“自然”ではなく、できる限り生の自然である。生の自然には、予期せぬ突発的なことや“あり得ないこと”が多く潜んでいるからだ。子供たちは驚く。この驚きの数だけ子供たちの感性は磨かれる。最近の学生を見ていて感ずることは、素晴らしい実験データや観察結果が出て、あまり驚かない。感動しないことである。「もっと感動しろ」と言っているのだが・・・なぜ感動しないのか。日ごろ気になっていることは、子供たちや学生に教えるとき、科学技術をあまりにも体系化させ、完成されたような形で教えているのではないかという反省がある。教材やビデオなどは極めて有用な反面、体系化されているために、生々しさやハプニングもなく、感動する心を奪っているのではないか。よく、工場見学に学生を連れて行くと、見学の前にビデオを見せられる。全体の把握には大変有用であるが、ビデオのできがよければよほど、現場を見たときの感動が薄れるのではないかと思う。

子供たちを生自然に触れさせるため、地域でグループを作ってはどうだろうか。経験豊富な大人や企業をリタイヤーした人たちがグループに入り、子供たちに教える立場でなく、一緒に自然に触れ、感動する立場として子供たちを見守る。少年野球チームの理科バージョンである。

最後に、白川先生も言っておられるが、大学の理工系は授業、実験、卒業研究と苦勞が多い割りに、社会に出てからの待遇が報いられないことが多いというご指摘、同感である。

# ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 —窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発—

非鉄材料研究部主任研究員 松浦 尚

## 1. はじめに

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構が「省エネルギー技術開発プログラム」及び「ナノテクノロジープログラム」の一環として実施する「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術の開発—窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発プロジェクト」の受託先が採択審査委員会による審査の後、平成19年6月15日に決定されました。本プロジェクトは名城大学の天野教授をPLとして、大阪大学、名城大学、福井大学、(株)日本イー・エム・シー、昭和電工(株)、住友電気工業(株)、サンケン電気(株)、(財)金属系材料研究開発センターで実施されます。皆様のご支援をお願いいたします。

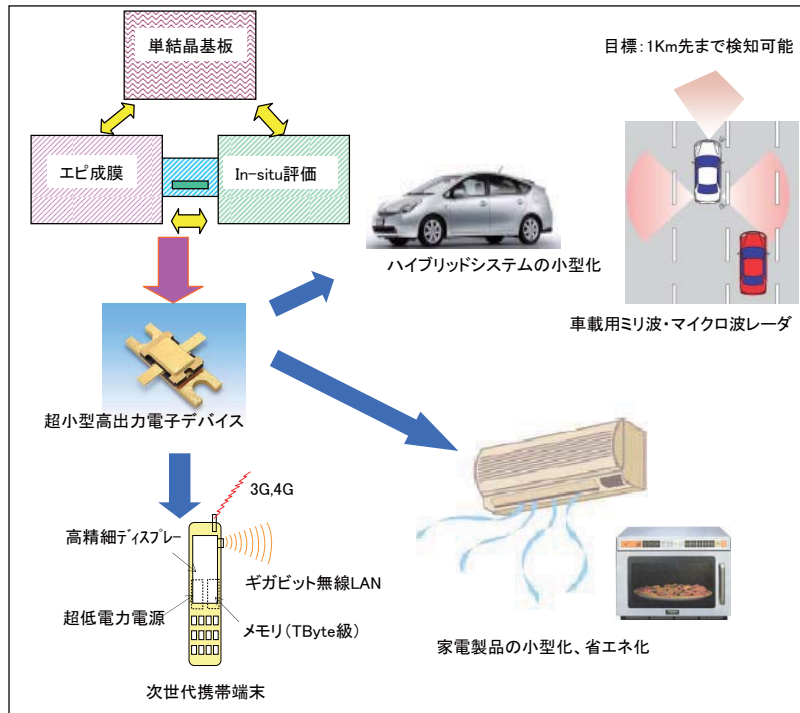


図1. 本プロジェクトのイメージ図

## 2. 事業の背景・目的

高周波デバイス、パワーデバイス等の高性能電子デバイスは、今後の21世紀社会を支える情報家電、コンピュータ、情報通信機器のみならず自動車、医療機器など極めて広範な分野の製品の高機能化や制御を実現する中核的役割を果たす存在であり、それを実現する材料として窒化物半導体に大きな期待が寄せられています。

しかしながら、既存のバルク半導体単結晶成長技術やエピタキシャル成長技術では限界に達し、これらデバイス用に十分な品質の結晶作製に対応できず、その実用化に大きな制約となっています。このため本プロジェクトでは従来の半導体材料では実現できない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電力素子、超高速電子素子などの作製に必要な窒化物半導体結晶成長技術の確立を目指し、

- ①高品質大口径単結晶基板の開発
- ②高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発
- ③窒化物半導体単結晶基板上電子

デバイスの作製と評価、に取り組むことにより、我が国のエネルギー消費量削減に大きく貢献することを目的とします。図1に本プロジェクトのイメージ図を示します。

## 3. 研究開発の概要

本プロジェクトの研究開発項目は、先ほども少し触れましたが、「高品質大口径単結晶基板の開発」、「高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発」および「窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価」の3つに分けられ、概要は以下の通りです。

### ①高品質大口径単結晶基板の開発

低損失で高出力の電子デバイスとして期待される窒化物半導体ウェハは、現在SiやSiC等の異種基板上に作製されています。このため電子デバイス構造としては横型に限定される上に大きな格子不整合によりデバイス内部に多数の欠陥が発生し、耐圧、オン抵抗等のデバイス特性についても物性値から期待されるような十分な特性は得

られていません。また、電源などで重要なノーマリオフ動作についても実用的な高出力デバイスとしては実現されていません。

このような問題を解決するためには、本質的に結晶構造が等価で格子整合する高品質窒化物単結晶の有極性、或いは無極性基板上にデバイス構造を成長・作製することが必要不可欠です。また、横型デバイス用の高抵抗ウェハ、縦型デバイス用の低抵抗ウェハ実現に向けて、単結晶基板の伝導度制御技術の確立が重要となります。

窒化物単結晶基板を成長するにはHVPE法やNa系フラックス溶液成長法、昇華法等が知られていますが、現状電子デバイス用の高品位な結晶性を持つ大口径単結晶基板の育成は実現されていません。そこで本研究開発では、窒化物半導体電子デバイス作製に必要とされる4インチ級の高品質有極性バルク単結晶、及び無極性バルク単結晶を育成する技術を開発します。

### ②高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発

化合物半導体エピ材料の特徴としては、ヘテロ接合を用いたデバイスを作製できることにあり、なかでも窒化物は高速化、高出力化、高耐圧化、省エネ化などに優れた性能を発揮できる物性を有しています。このような特性を実現するためには、これらデバイス構造中のチャンネル層やドリフト層を形成する薄膜成長技術、即ち結晶欠陥や残留キャリアの低減、ヘテロ接合界面でのキャリアの散乱を抑制するための界面組成急峻性や広い範囲での平坦性、多層構造はもちろんのこと、極めて薄いチャンネル層を作製するための組成や不純物濃度を原子層レベルで制御できる薄膜成長技術が必須です。加えて GaN-AlN-InN 系窒化物は、AlGaIn や InGaIn でも格子不整合が大きく、分極電界や転位、欠陥、クラックなどの問題が生じています。

自動車用インバータなどでは例えば、オン抵抗 <math>1.5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2</math>、耐圧 > 2KV で高  $g_m$  かつノーマリオフ型等の省電力タイプの電子デバイスの実現が望まれています。しかし SiC や Si 基板上でのエピ成長ではヘテロエピタキシーの制約のため、デバイス特性からの要求品質或いは物性値から期待される特性を十分に満足する段階には未だ達していません。そこで本研究開発では、高機能の横型、及び縦型窒化物半導体電子デバイス実現のために、窒化物単結晶基板上で AlN-GaN-InN の高範囲に渡る高品質大口径エピタキシャル混晶成長技術を開発します。

③窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価

現在窒化物電子デバイスは、端緒

についたばかりであり、実用化したデバイスは SiC などの基板上に形成した GaN チャンネルを用いた FET 構造のみです。その応用は 2-5GHz の携帯電話基地局用の 200-400W 増幅器と 30GHz 帯の小型 20W 級増幅器に限定されています。窒化物系半導体が元来有する物性を考慮すると、今後は AlN-GaN-InN 系材料を広範囲に自由に組み合わせたヘテロ接合トランジスタの実現が望まれ、その応用は高周波高出力ばかりでなく、高温動作デバイス、高耐圧デバイス、超高速デバイスなど、広い応用範囲が実現可能です。

例えば 2-5GHz では 1kW 以上の増幅器が実現可能となり、基地局ばかりでなく、固体デバイスを用いた超小型マイクロ波加熱（電子レンジ、半導体プロセス装置）、マイクロ波送電などに応用可能です。

また、パワーエレクトロニクスにおいても、高電圧動作と高周波動作が同時に実現できるため、2-5GHz では 1kW 以上の増幅器が実現可能となり、基地局ばかりでなく、固体デバイスを用いた超小型マイクロ波加熱（電子レンジ、半導体プロセス装置）、マイクロ波送電などに応用可能です。さらに、パワーエレクトロニクスにおいては、高電圧動作と高周波動作が同時に実現できることから、パワーエレクトロニクス

機器の超小型化を推進できます。数 kW 級のインバータ回路の小型化やモノリシック集積化が可能となり、エアコンなどの家電製品、情報家電、自動車におけるインバータの画期的な性能向上が期待できます。このような電子デバイスを実現するため、本研究開発では、高品質窒化物半導体基板の開発、及び理論的には可能だがこれまで検討されなかった新しいエピタキシャル成長技術・不純物ドーピング技術の開発をベースに、可能な限り広い範囲の組成をもつヘテロ接合構造や面方位の組み合わせによるデバイス構造を窒化物半導体基板上に試作します。

加えて、高耐圧性、低損失性、高速性などの諸特性を従来の異種基板上ウエハ上に作製したデバイスと比較・検証し、その結果を基板・エピ開発にフィードバックします。

#### 4. 研究開発のスケジュール

本プロジェクトの研究開発期間は平成 19 年度から平成 23 年度までの 5 年間の予定です。図 2 に研究開発全体のスケジュールを示します。

#### 5. 研究開発の体制

本プロジェクトの研究開発体制を図 3 に示します。

研究開発項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
① 高品質大口径単結晶基板の研究開発	→	→	→	→	→
② 高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発	→	→	→	→	→
③ 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価	→	→	→	→	→

図2. 研究開発のスケジュール

21年度に中間評価

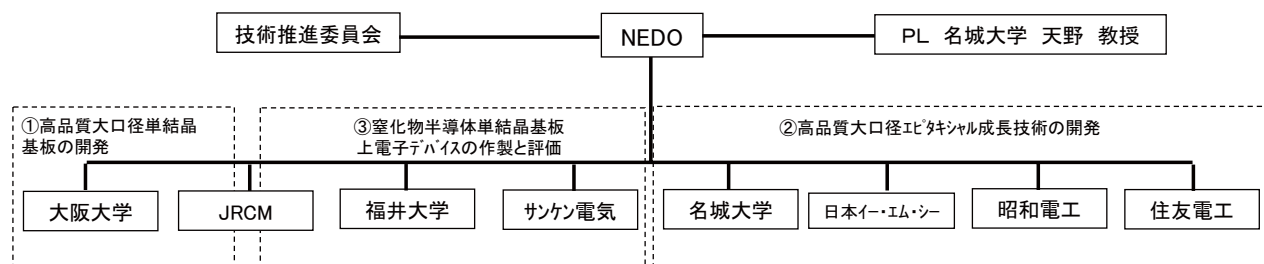


図3. 研究開発の体制

## 活動報告

### ■鉄鋼材料研究部

今年のNHK大河ドラマ「風林火山」の舞台で賑わう長野の厳しい残暑の中、さる9月19日から三日間にわたり信州大学で日本溶接学会平成19年度秋季全国大会が開催された。

学会初日午後、JRCMが委託研究と助成事業の共同事業を運営するNEDOプロジェクト「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」における溶接技術サブグループ（GL：大阪大学接合科学研究所野城所長）により、研究開発内容に関するオーガナイズドセッションが開催された。GLの挨拶の後、リーダーから「プロジェクトの狙いと取り組み方針」、助成企業から「高級鋼溶接技術における解決すべき課題」、そして大学・国研から「大学・国研で実施する基礎研究」と、約2時間にわたり研究開発内容が総合的に紹介された。

まだスタート段階でのセッションであるにもかかわらず、会場には約90名の聴講者が集まり、一部立ち見が出るほどの盛況で溶接分野関係者の本テーマへの高い関心が窺えた。（川端主任研究員）

### ■非鉄材料研究部

#### 《事後評価》

—低摩擦損失高効率駆動機器のための材料表面制御技術の開発（NEDO）—

平成19年9月18日（火）、事後評価分科会が開催された。岩手大学岩淵教授（PL）が開発全体の概要説明を行い、その後、「評価解析」、「自動車用ベルトCVT」、「水圧機器システム」、「タービン軸受け」の4テーマのリーダーが、研究の成果と実用化・事業化の見通しについて報告を行った。6名の事後評価委員の方からは多くのご質問、ご意見をいただいた。

「トライボロジーがスタートして50年目にして大きな仕事になされ、プロジェクトの成果は事業化に結

びつくところまでできていることを十分示してくれた」という、全体でのご評価をいただくとともに、一方、「省エネルギーの効果の算出については計算に加えて実機での裏づけを是非とって欲しい」、「実用化をさらに早めて効果に結びつけて欲しい」、「特に身近なところでの実現を望む」など、有意義なご意見を多数いただいた。

最終での事後評価結果は11月中旬頃になる予定である。（小林部長）

#### 《窒化物国際学会報告》

本年度スタートした「窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発」プロジェクトでの調査活動の一環として、米国Las Vegasで2007/9/17-9/21に開催された窒化物半導体に関する国際会議：7th International Conference of Nitride Semiconductors (ICNS-7)に参加し、最新の窒化物半導体の研究開発状況について情報収集を行った。

本国際会議は、1995年名古屋で開催された第1回から隔年で開催され今回で7回目、窒化物半導体の分野では世界最大規模の学会である。回を追うごとに発表件数は増加しており、今回の発表件数は700件に達した。世界中から研究者が集まったが、日本からの発表は150件程度あり、日本がこの分野で重要な成果を挙げていることが窺えた。

講演内容はエピタキシャル成長、バルク結晶成長、構造解析、光学特性、ナノ構造、デバイスと窒化物半導体の全てに渡るトピックスを網羅している。ポールドルーデ研究所（独）のKlaus H. Ploogによる基調講演“Ⅲ-Nitrides Seem to Be Good for Everything”では最新の研究成果として、窒化物半導体が発光デバイスや電子デバイスに加え、磁性分野での研究が進んでいる状況が報告され、注目を集めた。また、多数のグループより無極性基板を用いた研究報告がなされたが、基板

サイズの小さいことが大きな問題となっており、本プロジェクトで目指している無極性基板の大口径化が重要なテーマである事を再確認できた。なお、次回会議は2009年10月に韓国のチェジュ島で開催される予定。（松浦主任研究員）

## 技術講習会のお知らせ

◇平成19年度「自動車のアルミ化技術講習会」のご案内

排ガス削減、エネルギー消費削減の環境保全対応のみならず、安全性、快適性の追求という側面からも、自動車車体の軽量化ニーズはますます高まっており、自動車へのアルミニウム使用量は堅調に増加しております。

当会では、各分野で自動車軽量化に取り組む皆様に、自動車へのアルミニウム適用の最新技術を紹介するため、毎年自動車のアルミ化技術講習会を開催し、好評を戴いて参りました。本年は、協会が調査しました「中国の自動車産業」と題しての講演も予定しております。

昨年に引き続き下記の通り、アルミニウムの基礎技術講習会を開催致したくご案内申し上げます。奮ってご参加戴きますようよろしくお願い申し上げます。

#### 記

- ・主催：（社）日本アルミニウム協会自動車アルミ化委員会
- ・協賛：（社）軽金属学会、軽金属製品協会、（社）軽金属溶接構造協会、（社）自動車技術会、全国軽金属商協会、（社）日本アルミニウム合金協会、（社）日本ダイカスト協会、日本マグネシウム協会、（財）金属系材料研究開発センター
- ・日時：平成19年12月7日（金）  
9:30～16:40
- ・場所：アルカディア市ヶ谷（私学会館）  
東京都千代田区九段北4-2-25  
TEL：03-3261-9921
- ・参加費：7,000円（テキスト代込み）
- ・定員：120名（定員になり次第締め切ります。）
- ・申込先：東京都中央区銀座4-2-15 塚本素山ビル（社）日本アルミニウム協会  
担当：上田、河野

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第253号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2007年11月1日

発行人 小紫正樹

発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階

TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)