

TODAY

## 地球環境対策で経済発展—川崎メカニズムの本格施行

一般財団法人機械振興協会  
副会長、技術研究所長  
東京工科大教授 足立 芳寛

温室効果ガスの中で地球温暖化に対する影響が最も大きいCO<sub>2</sub>の濃度は、産業革命以降上昇を続けている。CO<sub>2</sub>は、排出場所によらず温室効果が同じであるため、総排出量に対する寄与率や増加率の大きな国での削減が望まれる。つまり、温室効果ガスの排出抑制は、我が国の様な省エネ先進国における国内削減処置だけではなく、地球規模での排出抑制が重要である。その排出削減に向けた対策として、フロントランナー方式とキャップ・アンド・トレード方式があり、前者は環境効率の高い製品の普及を、後者は個別の対象への排出制限と排出権の取引制度を設けることで総排出量の抑制を狙っている。

次に、温室効果ガスの排出を製品のライフサイクルを通して考えてみよう。グローバル化により製品のライフサイクルの各段階は国をまたぐことも多いが、製品のライフサイクルを通じた排出量が従来製品よりも低減されるような製品は、その製造場所、使用場所に関係なく、温室効果ガスの削減に寄与することは明白である。そのため、製品のライフサイクルを通じた温室効果ガス排出の抑制が重要である。製品のライフサイクルにおいて環境効率の高い製品を構成する素材は、生産時に従来製品以上の温室効果ガスを排出している場合も少なくない。その場合、対象域外も含めたライフサイクル全体で排出量を削減していたとしても、生産時の排出量は見かけ上増加している事になる。企業ごとや地域ごとの温室効果ガス排出制限を設けてしまう（キャップ・アンド・トレード方式だと、このような高効率化を支える生産技術が正当に評価されず、高効率技術の開発のインセンティブが失われ、旧来の非効率技術を使用続けることになる。これでは、世界全体でのCO<sub>2</sub>削減との目標に対し本末転倒である。

そこで筆者らは、生産時に排出量が増加しても、後のライフサイクルステージにおいて削減効果が在れば、その削減効果のうち一部を生産業者に配分することが合理的と考えるべきと提唱してきた。川崎市では、この考え方を世界で初めて規制施策に導入する事とし、域外での排出削減量の一部を域内の排出量からオフセットする（仮称）川崎メカニズムという画期的モデルとして、平成25年度本格実施される予定である。この新川崎温暖化対策における基本的な考え方が、かわさき原則として、以下の2点に集約されている。

- 製品・技術により、地球全体での温室効果ガスの排出削減に貢献
- 製品・技術等のライフサイクル全体を考慮した温室効果ガス排出量の削減

つまり、川崎メカニズムは、市内企業の優れた環境技術により、ライフサイクル全体を考慮した地球規模での温室効果ガスの削減に貢献するため、世界に先駆け、市域外の温室効果ガスの削減貢献量をLCA（life cycle assessment）により算定・評価し、“見える化”し、川崎市内の優れた環境技術、製品を海外に輸出し、世界の排出削減に貢献しようとする制度である。

具体的な事例として、自動車の軽量化に供されるハイテン（高強度鋼）を挙げる。強度が高くない鋼材を用いた場合をベースラインとし、50%ハイテン化された場合を想定する。図1に示すように、原料調達と輸送、製品使用時に温室効果ガス削減効果がある一方で、生産段階での温室効果ガスの増加が見られる。これらの増減を加味すると、ライフサイクル全体では4.0%の削減効果が見込まれるが、これらは、素材の生産地域とは異なる地域、川崎市外でのCO<sub>2</sub>の削減に貢献している。この貢献を下支えするために増エネした素材製造に、この削減効果を配分しようというのが、川崎メカニズムのコンセプトである。

なお、私事ではありますが、筆者は昨年9月末をもって、在職15年、卒業生100名余りを数えた東京大学を定年退官し、現職に異動したところであるが、研究室は、後藤芳一教授、醍醐市朗准教授に引き継がれていますので、こちらの方も読者諸氏の更なるご支援をお願いする次第です。

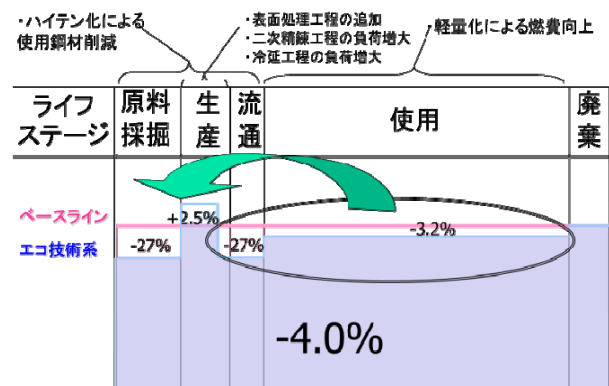


図1 自動車のハイテン化によるライフサイクルでの温室効果ガス排出量変化

# GaN 基板による高効率・高品質 LED 照明\*

～次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発～

## 高品質 GaN 結晶の低コスト・量産化技術の開発

大阪大学 大学院 教授 森 勇介

高効率・高品質 LED 用 GaN 基板の開発では、欠陥（転位）・歪等が少なく高品質であることと、低コストであることの両立が重要です。本プロジェクトでは、Na フラックス法（高温の Ga-Na 融液に窒素ガスを加圧し、GaN 単結晶を液相中で作製する液相成長の手法）を用いて、低転位かつ大口径 GaN 基板の実現を目指しています。

ポイントシード技術により GaN 基板特有の綺麗な結晶面が広く出現したセンチメートルサイズの GaN 単結晶成長に成功しました。これは六角形状バルク GaN 単結晶としては、世界一のサイズです。加えて、この結晶には転位と呼ばれる線欠陥が存在せず、Spring-8 での高平行度 X 線ビームを用いた評価によると、化合物半導体では初めての完全結晶であることがわかりました。

ポイントシード技術を応用した結合成長技術は、個々には無転位の GaN 単結晶を複数結合させることで、大口径化を目指す画期的な手法です。最近の実験では、歪が限りなく少ない 2 インチ GaN 基板の作製に成功しています。

Na フラックス法とポイントシード技術、及び結合成長技術の組み合わせにより、低転位かつ大口径 GaN 基板の実現が期待できます。

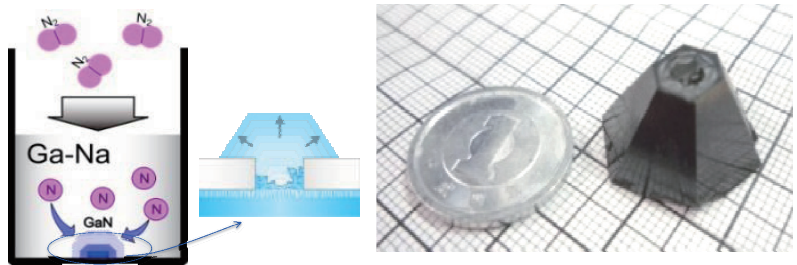


図1 Na フラックス法+ポイントシード技術

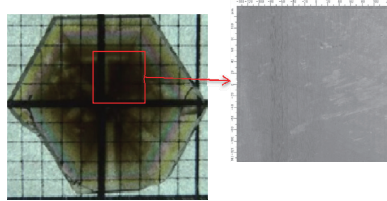


図2 カソードルミネッセンス評価  
転位密度：ほぼ全面でゼロ

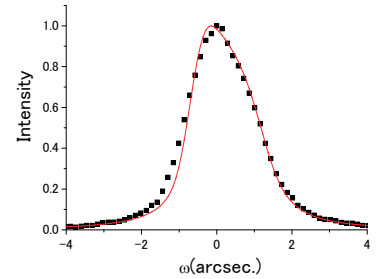


図3 X線ロッキングカーブ  
半値幅 1.83 秒（理論値：1.81 秒）

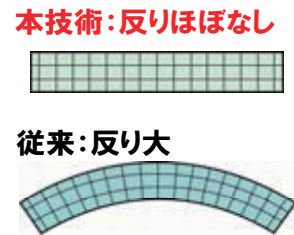
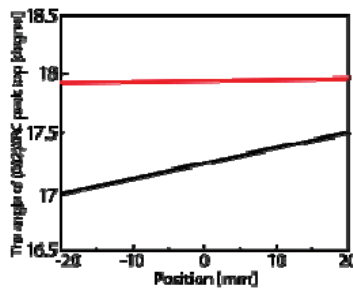


図4 X線による反り評価

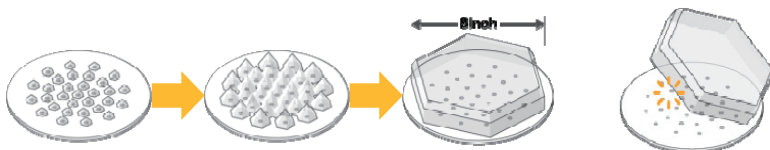


図5 結合成長技術

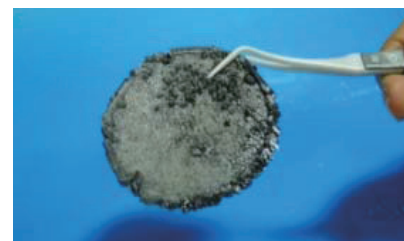


図6 結合成長技術で得られた  
2インチ自立 GaN 基板

## 高演色性・高効率 LED デバイスのためのエピ技術開発 名古屋大学 大学院 教授 天野 浩

Na フラックス法で試作した低転位・高品質 GaN 基板に LED を試作したところ、内部量子効率は、波長 500 nm の青緑色で 90%、波長 530 nm の純緑色で 60% を、電流密度  $200\text{A}/\text{cm}^2$  にて確認できました。このように高い電流密度では世界最高値です。

従来のサファイア基板では、青色 LED でも電流密度  $<10\text{A}/\text{cm}^2$  で同程度、 $200\text{A}/\text{cm}^2$  ではその 65-70% が限界でした。

更に重要なことは、LED 作製に必要な時間が 1 時間以内と短いことです。従来は、最低でも 4 時間以上必要でした。これは、実用上プロセス時間の短縮につながり、コスト低減にとって重要な成果といえます。

加えて本研究プロジェクトでは、従来の MOVPE 成長法では困難であったピットの発生をその場観察する方法を開発し、更に LED の発光波長及び効率を決める最も重要なデバイスパラメータである InGaN 量子井戸活性層中の In 組成及び膜厚を原子レベルでその場観察する手法を開発しました。これにより、100% の歩留まりで、欠陥のない所望の構造を有する LED のエピタキシャル成長が可能になりました。

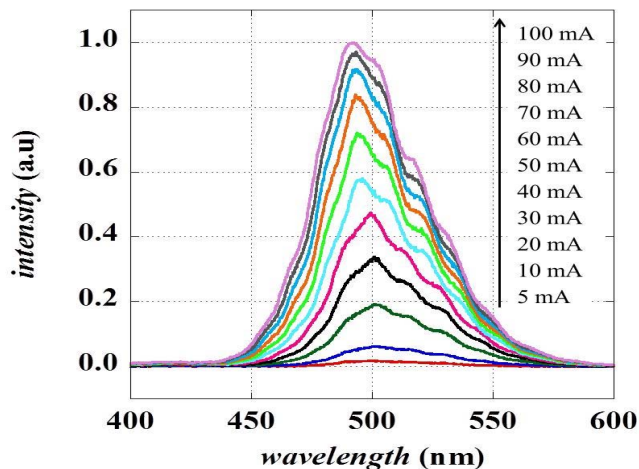


図7 大電流密度駆動で世界最高の内部量子効率を確認

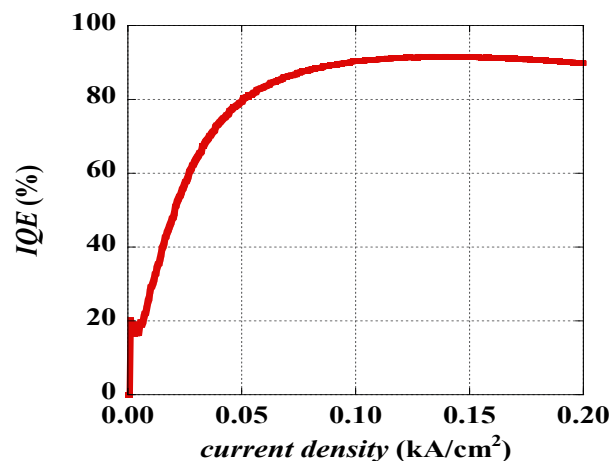


図8 大電流密度駆動で世界最高の内部量子効率を確認

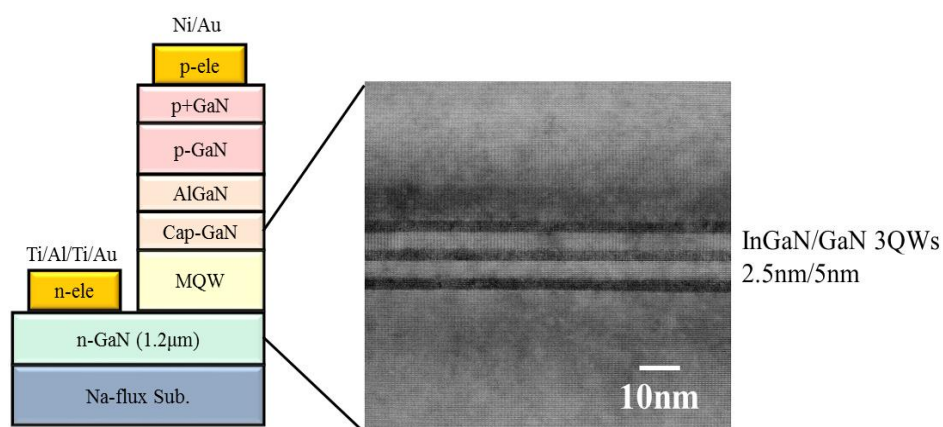


図9 高い光取り出し効率を達成するため試作した LED 構造と断面 TEM 写真



図10 LED デバイスの発光例

\*このレポートの内容は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」の中で得られた成果の一部です。NEDO では毎年 1、2 月に開催される「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 (nano tech)」に機構を挙げて取り組んでおり、今年度は、「次世代照明プロジェクト」の成果を出展することになりました。(次ページにその案内を掲載しました。)

2月1日(金)13:00にこのレポートの詳細が大阪大学の森勇介教授からNEDOブースにてプレゼンテーションされます。

## 国際学会参加報告

### ■ IWN-2012 に参加

昨年 10 月 14 日（日）から 19 日（金）にかけて、札幌のコンベンションセンターにて、窒化物半導体に関する国際学会、IWN-2012 (International Workshop on Nitride semiconductors) が開催された。今回は、窒化物半導体分野の技術を牽引している日本での開催ということもあり、参加者 1000 人以上と大変盛況であった。技術範囲が広がる中で聴講したセッションは限られるが、いくつかの技術トレンドを伺うことができた。

バルク成長技術については、テンプレート基板を種とした気相法による GaN 層成長や液相法の GaN

バルク成長に関する報告が相次ぎ、エピ成長技術については、各種光デバイス向けを中心に非極性面上のエピ成長やその発光特性の向上、また、装置メーカーから 8 インチ Si 基板上のエピ成長の報告があり注目された。また、デバイス技術については、特に電子デバイスに関する報告が活況で、高耐圧化や高周波数化が進展し、また Si-CMOS とのハイブリッド化の報告があった。自動車メーカーより車載用パワーデバイス用途への展望に関する報告もあり、応用市場の GaN パワーデバイスへの期待も、本格化していることを実感することができた。

(非鉄材料研究部 主席研究員 櫻田 隆)

## Nano tech 2013 の紹介

2013 年 1 月 30 日（水）～ 2 月 1 日（金）に東京国際展示場（東京ビッグサイト）で開催される「nano tech 2013 第 12 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」において、NEDO 委託事業「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発 (H19～H24)」の成果を NEDO ブース内にて展示します。

nano tech はナノテクノロジー分野に関する約 600 企業・団体が出展し、約 50,000 人の来場者が訪れる世界最大規模の展示会です。東 4 ホール入口に位置する NEDO ブースでは、ナノテクノロジー・材料分野に関する 27 テーマの NEDO プロジェクト成果が展示されます。

今回は、「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」の成果として、Na フラックス法で作製した GaN 完全結晶、大型 GaN 基板の実物展示やパネルでのわかりやすい解説がなされます。

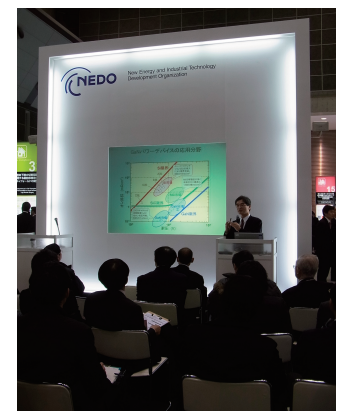
また、2 月 1 日（金）13:00 からは、NEDO ブース内において森教授のプレゼンテーションが行われますので、是非足をお運び頂ければ幸いです。



## 昨年度の Nano tech 風景



NEDO ブース外観



プレゼンテーションブースの様子



出展ブースでの説明風景



展示した各種 GaN 基板及びバルク結晶

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第 315 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 2013 年 1 月 1 日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 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

T E L (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)