

ニュース76号

2007.12 発行

財団法人岡山工学振興会編

E-mail:ofst@cc.okayama-u.ac.jp

URL:http://www1a.biglobe.ne.jp/ofst/

半導体照明用 GaN 発光ダイオードの高効率化技術の開発

岡山大学大学院 自然科学研究科 産業創成工学専攻
教授 上浦 洋一

近年、発光ダイオード (light emitting diode, LED) の輝度や発光効率が大幅に向上し、その特長を生かしてさまざまな用途へと応用が広がっています。身の回りを見渡してみても、信号機、装飾用イルミネーションなどが目につきます。さらに、最近では照明用途の高効率白色 LED が開発され、その発光効率は電球や水銀ランプを越えて蛍光灯に匹敵するまでになっています。すでに携帯電話のバックライトや懐中電灯などの小型照明に使われていますし、車のウィンカーやブレーキランプなど電装用やヘッドライト用途など応用分野が拡大しています。LED は電球や蛍光灯に比べて、衝撃に強く安全です。また、寿命もはるかに長く交換の手数が大幅に省けます。しかし、白色 LED が蛍光灯に置き換わるためには、初期費用面での不利をカバーし得るだけのさらなる高効率化が不可欠です。これが実現できれば、省資源、省エネルギー、地球温暖化防止、脱水銀など地球環境保全の点で人類の福祉向上へ大きく寄与するばかりでなく、国内だけで1兆円を超える照明機器市場を擁する産業界へのインパクトは計り知れません。また、管球式照明から固体照明へと変わることにより、照明文化も一変するかも知れません。

白色 LED は、青色 LED と青色を赤色・緑色へと変換する蛍光体を組み合わせたものです。したがって、白色 LED の高効率化を図るには青色発光の高効率化と蛍光体の変換効率の向上が必要であり、とりわけ青色発光の高効率化は最重要課題です。青色 LED は GaN (窒化ガリウム) 系半導体を用いたものが実用化されています。この青色発光の効率を高める技術の開発こそが半導体照明を実現するキーテクノロジーだと思えます。

最近、我々のグループは、Mg をドーピングした p 型 GaN 基板を水蒸気リモートプラズマ処理 (H₂O RPT) することにより、青色発光が1桁以上(最大20倍)強くなることを発見しました(図1, 2)。従来、半導体をプラズマ処理することはいろいろなプロセスで行われていましたが、通常的气体(水



図1 Mgドーピングp型GaNの青色発光に対するH₂O RPTの増強効果

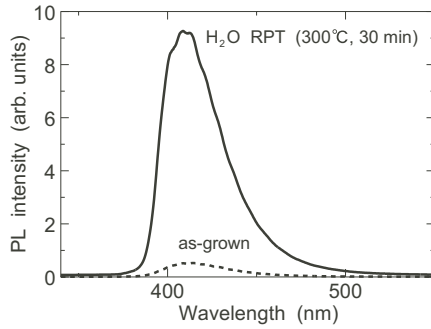


図2 Mgドープp型Ga_Nの発光スペクトルに対するH₂O RPTの効果

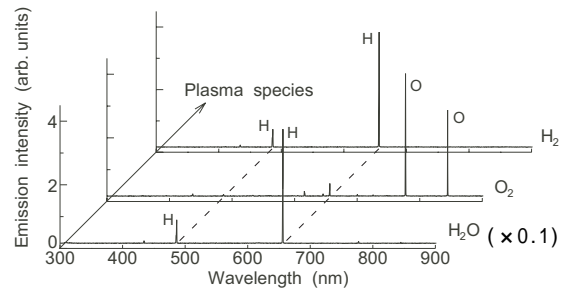


図3 水蒸気プラズマから発生するラジカルの発光スペクトル

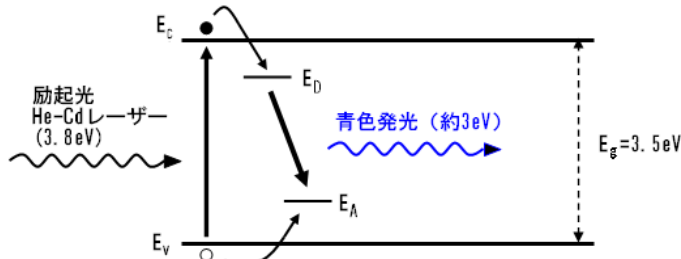


図4 青色発光の機構

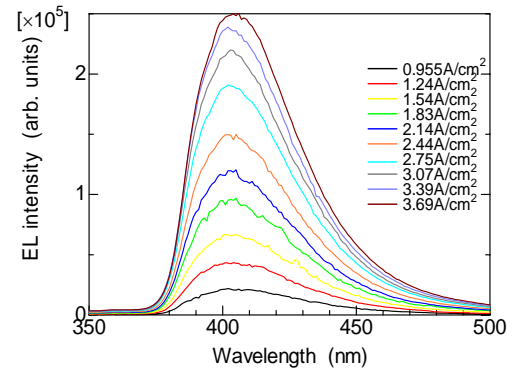


図5 pn接合ダイオードの電流注入発光特性

素,酸素,窒素など)プラズマが用いられていました。これに対して我々のグループでは水蒸気100%のプラズマを用いました。このことが、発光増強に対して本質的に重要であることが以下の実験で明らかになりました。我々はH₂O RPTの発光増強効果の原因を明らかにするために、水蒸気プラズマの発光分析を行いました。その結果、原子状水素が極めて高効率で発生していることがわかりました(図3)。図では水蒸気プラズマから発生した原子状水素の発光強度が水素プラズマの場合と同程度のように見えますが、実は水蒸気プラズマからの発光スペクトルを測定した時は感度を1/10以下に落としていたので、水蒸気プラズマからは水素プラズマの10倍を超える大量の原子状水素が発生していたことになります。水素プラズマでも発光増強は認められましたが2倍程度であり、水蒸気プラズマよりずっと小さな効果でした。このことから、我々は水蒸気プラズマから高効率で発生する原子状水素が発光増強に対して重要な役割を担っていると考えました。これまで知られていた水素の作用は、電気的活性な不純物を不活性化する、いわゆる水素パシベーション効果でした。しかし我々の実験の結果、プラズマ処理によりGa_Nの電気抵抗が変化しないことがわかり、発光増強効果は水素パシベーション効果ではなく、全く新しい現象であることが明らかになりました。図1, 2に示されている発光はPhotoluminescence (PL)法で観測したものです。この手法は、半導体のバンドギャップ以上のエネルギーを持った光(Ga_Nの場合、紫外線に相当する)を照射することにより、伝導帯に電子、価電子帯に正孔を生成し、これがバンドギャップ中の電子準位を介して再結合する際に放出する光を観測するものです。我々は照射する光(励起光)の強度を変化させて発光波長を観測する実験を行い、励起光が強くなるとともに発光がブルーシフトすることを明らかにしました。この結果から、我々は青色発光の機構として、ドナー準位とアクセプタ準位の2準位が再結合に関与するdonor-acceptor (D-A) pair発光(図4)を提案しました。そして、この発光機構においてアクセプタ準位はドーパされているMgによるものであり、ドナー準位は水素に関与したセンターによるものであるとの仮説を提唱するに至りました。

実際のLEDでは、順方向電流を流して過剰電子・正孔対を生成しその再結合により発光を生ずるところの、いわゆる電流注入発光（Electroluminescence, EL）によりデバイスが動作します。したがって、水蒸気プラズマ処理が電流注入発光に対しても増強効果を発揮するかどうかを確認することがキーポイントです。そこで、本研究ではSiをドーブしたn型GaN基板の上にMgをドーブしたp型GaN膜を積層したpn接合ダイオードを作製し、電流を流して発光が生ずるかどうかを調べました。その結果、図5のように電流が増加するとともに青色発光も強くなることを確認しました。次に、このダイオードにH₂O RPTを施したところ、PL, ELともにそれぞれ約4倍、2倍にまで強くなることがわかりました。これにより、H₂O RPTプロセスが実際にpn-diodeの電流注入発光を増強することが実証されたわけですが、p型GaN基板単体で観測されたような強い増強効果ではなく、課題も明らかになりました。今後は、発光増強を阻害する要因を明らかにして、ダイオード作製条件や水蒸気プラズマ処理条件の最適化を図ることにより、さらなる発光効率増大を目指していきます。このたび、内山勇三科学技術賞を賜り、本研究へのご支援をいただいたことは誠にありがたく、故内山勇三様、選考委員会の皆様および関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

「平成19年度特別研究（内山勇三科学技術賞）受賞者」

1. 学術研究集会・学術講演会の助成

平成19年度の学術研究集会・学術講演会の助成（第4回助成分）の申請件数は2件でした。この分野の選考は、研究助成選考委員会、第2選考委員会（委員長 岸本 昭 岡山大学教授）により行われ、下表のとおり決定いたしました。

研究集会名	主催団体名	世話人
第48回有機電解合成公開セミナー	有機電解懇話会	(岡山大学) 田中 秀雄
岡山大学「環境科学技術シンポジウム2008」	岡山大学廃棄物マネジメント研究センター	(岡山大学) 谷口 健男

学術研究集会等のお知らせ

名称 岡山大学「環境科学技術シンポジウム2008」
 主催 岡山大学廃棄物マネジメント研究センター
 内容 化学・放射性廃棄物の地下処理施設候補地として日本の地下構造を考えたとき、廃棄物流出の観点から地下水対策を考えねばならず、厚い難透水性粘土土壌が有力な候補となる。この様なことから、11回目を迎える本年度の環境に関する国際シンポジウムでは、地層処理で各国を先導するスイス・Mont Terri研究所のGimmi博士、同じくスイス・SPI研究所のKosakowski博士、ドイツ・環境学研究所のホルデッツ教授、現岡山大学に滞在中のドイツ・チュービンゲン大学のカルバツハー博士の4人を特別講師として招聘して、これら危険な廃棄物の地層処理に関する研究の現状と将来について、実験的視点と数値実験的視点から話していただき、フロアーと討論する。
 日時 平成19年1月18日（金）
 場所 岡山大学大学院自然科学研究科棟大会議室
 問合せ先 岡山市津島中3-1-1 〒700-8530 電話(086)251-8853
 岡山大学環境理工学部 谷口 健男

名称 第48回有機電解合成公開セミナー
 主催 有機電解懇話会
 内容 Electroorganic synthesis Reference Files (EOS-RF) の情報を基に、最新の有機

電解合成の進歩について、別紙に掲げる主題のセミナーを行う。

- ・アルコール・エーテル類の電開酸化(V)
- ・環化及び感情付加反応(VI)
- ・含窒素化合物の電解酸化(XVI)
- ・間接電解反応(XI)
- ・電解酸・電解塩基の反応(X)
- ・電解触媒反応(I)

日時 平成 19 年 1 月 26 日 (金)

場所 岡山大学ベンチャービジネスラボラトリー棟 301 号室

問合せ先 岡山市津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8074

岡山大学工学部物質応用化学科 田中 秀雄

平成 20 年度 学術研究助成，国際研究集会等派遣助成，学術研究集会・学術講演会への助成の予定

平成 20 年度公募要項は 3 月発行の本財団ニュースに掲載します。

ほっと交流会

「岡振サロン」では毎月第 2 金曜日に色々な方に「ほっとな話題」を提供していただき、気軽に意見を交わす「ほっと交流会」を開催しています。お気軽にご参加下さい。

平成 20 年 1 月 11 日 (金) 18:00 ~ 講師 岡山大学名誉教授 和田 力

「日本の経済・教養・大学」

「文芸春秋」12月号に掲載された「藤原正彦：教養立国ニッポン」をとっかかりにして、上記話題について意見を交換したい。

場所：岡山大学新技術研究センター1F、参加費（軽食付）：賛助会員：800円、非会員：1,000円

(財)岡山工学振興会賛助会員の募集について

(財)岡山工学振興会は、平成元年2月3日に設立された特定公益増進法人です。本財団は、理工学に関する研究を進行するとともに、先端技術の向上を目指した大学と産業界等との連携をはかり、もって学術および技術開発の進展に寄与することを目的としています。

本会の趣旨にご賛同のうえ、是非とも賛助会員をお引き受け頂き、ご支援賜りたくお願い申し上げます。

申し込み手続き

- 1 (財)岡山工学振興会事務局までご連絡いただければ、「賛助会員申込書」をご送付します。
- 2 賛助会費（年額）

(1)法人会員	1口	50,000円	1口以上
(2)個人会員	1口	5,000円	1口以上

企業等からの研究助成寄附金の優遇(免税)についてお知らせ

1. 岡山県下で開催される全国学会・国際学会等で企業等から寄附を受ける場合
 2. 個人あるいはグループを指定し、企業から寄附を受ける場合
- 財団事務局までお問い合わせください。

お問合せ先：Tel, Fax: 086-255-8311

財団事務局 E-mail: ofst@cc.okayama-u.ac.jp

URL: <http://www1a.biglobe.ne.jp/ofst>