

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 14 日現在

機関番号：33919

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21686034

研究課題名（和文） 革新的・ハイブリッド・タンデム型白色 LED

研究課題名（英文） Innovative hybrid tandem-type white LED

研究代表者

岩谷 素顕（IWAYA MOTOAKI）

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号：40367735

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、(1) 紫～赤色 LED 作製技術 (2) Moth-eye 構造という光制御技術 (3) レーザ剥離 (4) Ag-Pd-Cu (APC) 合金高反射率電極 (5) 透明電極 (6) 多層膜反射鏡 (7) 超高正孔濃度 p 型 GaInN 等の基盤技術を確立した。また、これらの技術を適用することによって新しいデバイスの実現を進めた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proceed following the establishment of fundamental technology for nitride based semiconductor emitters

(1) Technology for fabrication of GaInN based LED with wavelength region from violet to red.

(2) Moth-eye technology

(3) Laser lift off process

(4) Ag-Pd-Cu alloys high reflective contact

(5) Transparent contact

(6) DBR

(7) High hole concentration p-type GaInN

In addition, we have advanced the realization of a new device by applying these techniques.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	13,200,000	3,960,000	17,160,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2011年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	19,500,000	5,850,000	25,350,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・応用物性・結晶工学

キーワード：半導体

1. 研究開始当初の背景

GaN 系 III 族窒化物半導体 LED は、小型・高効率・長寿命など優れた特徴を有していることから、次世代照明やディスプレイ等のバックライトなど幅広い応用が期待され、日亜化学㈱、豊田合成㈱を始め世界中で研究が進め

られている。その中で、最も市場規模の大きな白色 LED は、青色 LED により YAG などの黄色蛍光体を励起し、青色と黄色による擬似白色を得る方法である。この手法によって研究開始当初では 169 lm/W という蛍光灯を凌駕する効率のものが実現されている (Narukawa

et. al, JJAP, Vol. 46, (2007) L963)。しかしながら、(1) 青色から黄色の光に変換するときに約 25%のストロークロスが生じる(2) 発光色の微調整が困難であり演色指数が低い(3) 発光体塗布による歩留まりの低下など原理的な問題点が多い。またその他の方法として 3 原色 LED を並列に実装する白色 LED もあるが、(1) 電源が複数個必要、(2) 色が均一にならないなど問題点が多い。すなわちこれらの問題点を解決できる新手法の確立が重要である。

2. 研究の目的

本研究課題では、(1) 紫～赤色 LED 作製技術 (2) Moth-eye 構造という光制御技術 (3) レーザ剥離 (4) Ag-Pd-Cu (APC) 合金高反射率電極 (5) 透明電極 (6) 多層膜反射鏡 (7) 超高正孔濃度 p 型 GaInN 等の基盤技術を確立し、新しいハイブリッド構造の白色 LED の実現を目指し研究を進めた。また、これらの基盤技術を太陽電池やその他のデバイスに適用することによって新機能デバイスを実現し、窒化物半導体の学問分野の発展をめざし研究を進めた。

3. 研究の方法

本研究課題では、最終的に実現を目指す革新的な白色 LED の実現に向け、基盤技術の確立を進めた。以下に実施内容の詳細を示す。

(1) 紫～赤色 LED 作製技術

窒化物半導体材料は、紫外から赤外までの発光が得られる材料であるが、実際に高効率な発光領域は 400~480nm の領域に限られていた。本研究課題では、GaInN の成長技術に関して様々な検討を行い、高品質 GaInN の作製技術の確立を進めた。また、X 線を用いたその場観察技術を適用し、GaInN の結晶成長過程の観察を進め、透過電子顕微鏡観察の結果とあわせて、緩和過程の詳細を解析した。

(2) Moth-eye 構造という光制御技術

LED の高性能化において、光制御技術は極めて重要である。本研究課題では、Moth-eye 構造と呼ばれるナノ構造を適用することによって、最適な光取り出し効率を持つ LED の実現のための技術の確立を進めた。

(3) レーザ剥離

本研究課題では、最終的にタンデム構造を実現するための手法を確立する必要がある。そのためには、エピ層の剥離技術の確立が不可欠であり、本研究課題では Sapphire 基板上へ作製した GaN および AlN のレーザ剥離技術の確立を進めた。

(4) Ag-Pd-Cu (APC) 合金高反射率電極

高性能 LED の実現においては、高反射率な電極を作製する技術の確立が必要不可欠である。これまで高反射率電極としては Ag や Al 等を用いた報告があったが、高電界中ではマイグレーションが頻発することなど安定性に問題があることが報告されていた。本研究課題では高反射率電極に合金材料を適用することを検討し、その有用性を議論した。

(5) 透明電極

高性能 LED を実現するためには透明電極に対する要望も極めて高い。本研究課題では、ITO 電極のさらなる改善を進め、特に紫外領域の透過率を向上させることを研究の主眼として検討を進めた。

(6) 多層膜反射鏡

高性能 LED を実現する上で、反射電極以外に誘電体や半導体を用いた多層膜反射鏡に関しての有用性を検討した。

(7) 超高正孔濃度 p 型 GaInN

高い注入効率を持った LED を実現するためには、高い正孔濃度を持つ p 型窒化物半導体を適用することが有用である。GaInN は従来から p 型結晶が得られている GaN に比べ、有効質量が軽く、バンドギャップが小さいため、活性化エネルギーが小さな低抵抗 p 型結晶の期待が持てる。そこで、p 型 GaInN の検討を進めた。

(8) 上記の技術を白色 LED に適用する

上記 (1) から (7) を白色 LED に適用し、革新的な LED の実現を検討した。

(9) 白色 LED 以外のデバイスに上記の技術を適用する

上記 (1) から (7) は白色 LED 以外のデバイスに対しても有用である。そこで、本研究では、紫外 LED・太陽電池・可視光センサー等のデバイスに適用し、その有用性を検討した。

4. 研究成果

3 の研究の方法で示した内容に関して得られた成果を以下に列記する。なお、得られた成果の多くは学術論文等に行っているため、5 に記載した研究成果の論文番号として詳細は引用する。

(1) 紫～赤色 LED 作製技術

480nm よりも長波長領域における高性能発光素子を実現するためには、高品質 GaInN 層を得る技術の確立が不可欠である。通常同構造は GaN 上に GaInN をヘテロ接合する必要があるが、その格子不整合は 480nm 以上の発光層を持ちいる場合 1%を超える。通常、半導体

の結晶成長は格子不整合が1%よりも小さいことが高性能LEDを実現するためには不可欠であるため、この問題の解決は極めて重要である。本研究課題で得られた成果としては、超格子構造を用いることによって、GaInNとGaNの界面で発生したa+c型ミスフィット転位を屈曲させ、表面には伝搬させないことが可能であることを明らかにした[9]。また、X線を用いたその場観察技術を適用することによって、GaInNの緩和過程を詳細に検討することが可能であることを見出した[8]。これらの成果は窒化物半導体デバイスの設計においてきわめて重要な成果だと言える。

(2) Moth-eye 構造という光制御技術

Moth-eye 構造と呼ばれる光学周期以下のフォトニック加工を光取り出し面に施すことによって全反射及びフレネル反射が抑えられること可能である。これまで、本グループでは、本構造がLEDの光取り出し効率を改善するのに極めて有用であることを報告してきたが、本研究課題では再現性が高く、実デバイスへの応用が可能な作製方法の確立を務めた。

本研究課題では2つの手法によって再現性の良好なMoth-eye構造を作製した。1つは、電子線転写露光装置と呼ばれる手法である。一般に電子線露光装置は、ナノ構造の作製が可能であると同時にビームをスキャンして実施する方法である。しかしながら、この手法の場合、照射時間が長くなり、LEDのように高い量産性が必要なデバイスには不向きである。本研究では金属を用いたステンシルマスクと電子ビームを組み合わせることによって、最適なデバイスの作製を進めた。また、もう1つの手法としてナノインプリントを用いた手法の検討を行った。ナノインプリント法は、ナノ構造の凹凸を持ったレプリカを樹脂にプリントし、その樹脂にパターンを形成する手法で、理想的には極めて大きな構造体へのナノ構造を作製することが可能となる。これまで、世界的に見て多数の研究機関でLEDへの適用が進められているが、その一方で再現性が低いなどの問題点が残されていた。

結果として、図1のようなナノ構造を作製することが可能になり、さらに2インチ基板で1分程度のプロセス時間でパターンニングが可能な技術を確認した。

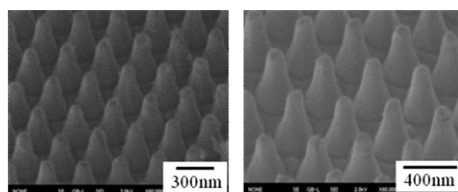


図1 作製したMoth-eye構造

(3) レーザ剥離 [1]

LEDの高性能化および本研究課題で最終的に目標とするハイブリッド型タンデム構造の白色LEDを実現するためには、窒化物半導体を基板から剥離することが必要である。本研究課題では、エキシマレーザを用いることによって、サファイア基板とGaInNおよびAlNの剥離を検討した。

結果として、GaInN層もしくはAlN層などの窒化物半導体を固定することによって、エピ層にクラック等を入れずに剥離することが可能となった。

(4) Ag-Pd-Cu (APC)合金高反射率電極

可視領域において、高い反射率を誇る材料として、最も有力な材料はAgやAlである。Agは可視領域において高い反射率を誇ることで知られているが、それと同時にエレクトロマイグレーションなど耐熱性が悪いことなどが課題であり、LEDの電極としてそのまま用いることは不向きである。また、Alは可視領域での反射率がAgに比べて劣るという課題が残されていた。[22]

一般に金属は合金化することによって強度や耐食性などに変化がもたらされる。そこで、本研究では液晶テレビの反射膜として実績のあるAg、Pd、Cuの合金であるAPC合金を検討した。用いた合金の組成はAg:98%、Pd:1%、Cu:1%である。この合金金属の特長として挙げられるのは、Agに比べて非常に耐熱性が高い、Ag系金属で難点だった密着性の改善が挙げられる。

本研究では、APC電極を用いた窒化物半導体LEDの検討を行った。以下に、p型GaInN層とAPC電極の接触比抵抗、反射率の波長依存性を検討した。結果として、APC電極はAgやAlよりも優れた特性を有しており、高反射率電極として高いポテンシャルを有していることが分かった。

(5) 透明電極 [5, 6, 7]

これまで透明電極材料として最も有望だとされているのがITOである。しかしながら、研究開始当初は真空蒸着による形成が中心であり、量産性の高いスパッタ装置への適用がデバイス開発において大きな課題であった。また同時に、紫外領域での透過率が低下するという問題もあり、その課題についての検討が必要であった。本研究課題では、それらの問題に対して、スパッタ法を用いること、さらには酸素空孔を形成するために高温での熱処理を行うことが有用であることを明らかにし、窒化物半導体透明電極としてITOが有用であること、さらには紫外領域デバイスでも適用可能であることをあきらかにした。

(6) 多層膜反射鏡

半導体および誘電体を用いた多層膜反射鏡の検討を進めた。結果として、誘電体を用いることによって、必要とする波長領域で99%という反射率を形成する技術を確立した。

(7) 超高正孔濃度 p 型 GaInN [17, 21]

p 型 GaInN の検討を進めた。結果として、a 面 GaInN を用いることによって 19 乗を超える高いホール濃度を持つ p 型 GaInN を実現することが可能であることを明らかにした。また、活性化エネルギーをホール測定の温度依存性から算出した結果として、GaN に比べて著しく小さくすることが可能であることを明らかにし、その有用性を証明した。

(8) 上記の技術を白色 LED に適用する [7, 10]

上記 (1) から (7) の技術を LED に適用し、効率の高い LED の作製することが可能な基盤技術を確立した。また、貼り合わせ技術に関しても種々の方法を検討し、プラズマ照射を用いることによって (5) で検討した透明電極同士の貼り合わせが可能であることが確認され、今後貼り合わせ技術を用いた白色 LED を作製する予定である。

(9) 白色 LED 以外のデバイスに上記の技術を適用する [3, 4, 16]

上記の技術を白色 LED 以外のデバイスに適用した。例えば、(1) の高品質 GaInN 作製技術に関しては、窒化物半導体の太陽電池に適用し、窒化物半導体太陽電池の高性能化が可能であることを明らかにした。また (3) の基板剥離技術に関しては、可視光 LED は当然のこと、紫外 LED に置いても有用であることを明らかにし、その有用性を実証した。さらに、透明電極と高反射率電極、多層膜反射鏡を組み合わせた紫外 LED 用高反射率電極を開発し、その紫外 LED の有用性を実証した。

また、p 型 GaInN の作製技術に関しても可視光通信用の FET 型光センサーに適用可能であることを見出し、極めて高い感度を持った可視光センサーが実現可能であるという知見を得られた。

以上のように、本研究課題では、当初予定していた研究内容はほぼ予定通り確立でき、さらに窒化物半導体デバイスの新しい応用を実現すること、さらに新しいデバイスの方向性を見出すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 28 件)

1. "Laser lift-off of AlN/sapphire for UV light-emitting diodes" H. Aoshima, K. Takeda, K. Takehara, S. Ito, M. Mori, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: *physica status solidi (c)*, Vol. 9(2012) 753 (査読あり) .
2. "Growth of GaN and AlGaIn on (100) β -Ga₂O₃ substrates" S. Ito, K. Takeda, K. Nagata, H. Aoshima, K. Takehara, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki and H. Amano: *physica status solidi (c)*, Vol. 9(2012) 519 (査読あり) .
3. "Fabrication of AlInN/AlN/GaInN/GaN heterostructure field-effect transistors" K. Ikeda, Y. Isobe, H. Ikki, T. Sakakibara, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki and H. Amano: *physica status solidi (c)*, Vol. 9(2012) 942 (査読あり) .
4. "Properties of nitride-based photovoltaic cells under concentrated light illumination" S. Yamamoto, M. Mori, Y. Kuwahara, T. Fujii, T. Nakao, S. Kondo, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: *physica status solidi (RRL) - Rapid Research Letters*, Vol. 6, (2012) 145 (査読あり) .
5. "Epitaxial Indium Tin Oxide Film Deposited on Sapphire Substrate by Solid-Source Electron Cyclotron Resonance Plasma" S. Kaneko, H. Torii, M. Soga, K. Akiyama, M. Iwaya, M. Yoshimoto, and T. Amazawa: *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 51 (2012) 01AC02 (査読あり) .
6. "Indium-Tin Oxide/Al Reflective Electrodes for Ultraviolet Light-Emitting Diodes" K. Takehara, K. Takeda, S. Ito, H. Aoshima, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 51 (2012) 042101 (査読あり) .
7. "Growth and light properties of fluorescent SiC for white LEDs" M. Syväjärvi, R. Yakimova, M. Iwaya, T. Takeuchi, I. Akasaki, and S. Kamiyama: *Materials Science Forum* Vols. 717-720 (2012) pp 87-92 (査読あり) .
8. "その場観察 X 線回折測定を用いた窒化物半導体の有機金属化合物気相成長" 飯田大輔、岩谷素顕、竹内哲也、上山 智、赤崎 勇: *日本結晶成長学会誌*, Vol. 38

- (2011) 227 (査読あり) .
9. "Microstructures of GaInN/GaN Superlattices on GaN Substrates" T. Sugiyama, Y. Kuwahara, Y. Isobe, T. Fujii, K. Nonaka, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: Applied Physics Express, **Vol. 4** (2011) 015701 (査読あり) .
 10. "Fluorescent SiC and its application to white light-emitting diodes" S. Kamiyama, M. Iwaya, T. Takeuchi, I. Akasaki, M. Syväjärvi, and R. Yakimova: Journal of Semiconductors, Vol. 32 (2011) 013004 (査読あり) .
 11. "GaInN-Based Solar Cells Using Strained-Layer GaInN/GaN Superlattice Active Layer on a Freestanding GaN Substrate" Y. Kuwahara, T. Fujii, T. Sugiyama, D. Iida, Y. Isobe, Y. Fujiyama, Y. Morita, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: Applied Physics Express, **Vol. 4** (2011) 021001 (査読あり) .
 12. "GaInN-based solar cells using GaInN/GaN superlattices" T. Fujii, Y. Kuwahara, D. Iida, Y. Fujiyama, Y. Morita, T. Sugiyama, Y. Isobe, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: physica status solidi (c) Volume 8 (2011) pp. 2463-2465 (査読あり) .
 13. "Fabrication of Nonpolar a-Plane Nitride-Based Solar Cell on r-Plane Sapphire Substrate" T. Nakao, T. Fujii, T. Sugiyama, S. Yamamoto, D. Iida, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: Applied Physics Express Vol. 4 (2011) 101001 (査読あり) .
 14. "Realization of extreme light extraction efficiency for moth-eye LEDs on SiC substrate using high-reflection electrode" R. Kawai, T. Kondo, A. Suzuki, F. Teramae, T. Kitano, K. Tamura, H. Sakurai, M. Iwaya, H. Amano, S. Kamiyama, I. Akasaki, M. Chen, A. Li, and K. Su: physica status solidi (c), **Vol. 7**, pp. 2180-2182 (2010) (査読あり) .
 15. "Growth and characterization of GaN grown on moth-eye patterned sapphire substrates" A. Ishihara, R. Kawai, T. Kitano, A. Suzuki, T. Kondo, M. Iwaya, H. Amano, S. Kamiyama, and I. Akasaki: physica status solidi (c), **Vol. 7**, pp. 2056-2058 (2010) (査読あり) .
 16. "Nitride-based light-emitting solar cell" Y. Kuwahara, Y. Fujiyama, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano and I. Akasaki: physica status solidi (c), **Vol. 7**, pp. 1807-1809 (2010) (査読あり) .
 17. "Compensation effect of Mg-doped a- and c-plane GaN films grown by metalorganic vapor phase epitaxy" D. Iida, K. Tamura, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, I. Akasaki: Journal of Crystal Growth, **312** (2010) pp. 3131-3135 (査読あり) .
 18. "GaInN/GaN p-i-n light-emitting solar cells" Y. Fujiyama, Y. Kuwahara, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano and I. Akasaki: physica status solidi (c), **Vol. 7**, (2010) pp. 2382-2385 (査読あり) .
 19. "Realization of Nitride-Based Solar Cell on Freestanding GaN Substrate" Y. Kuwahara, T. Fujii, Y. Fujiyama, T. Sugiyama, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: Applied Physics Express, **Vol. 3** (2010) 111001 (査読あり) .
 20. "Misfit Strain Relaxation by Stacking Fault Generation in InGaN Quantum Wells Grown on m-Plane GaN" A. M. Fischer, Z. Wu, K. Sun, Q. Wei, Y. Huang, R. Senda, D. Iida, M. Iwaya, H. Amano, and F. A. Ponce: Applied Physics Express **Vol. 2**, 041002 (2009) (査読あり) .
 21. "Activation energy of Mg in a -plane $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ ($0 < x < 0.17$)" D. Iida, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: physica status solidi (b), **Vol. 246**, pp. 1188-1190 (2009) (査読あり) .
 22. "High-reflectivity Ag-based p-type ohmic contacts for blue light-emitting diodes" R. Kawai, T. Mori, W. Ochiai, A. Suzuki, M. Iwaya, H. Amano, S. Kamiyama, and I. Akasaki: physica status solidi (c), **Vol. 6**, pp. S830-S832 (2009) (査読あり) .
 23. "High-performance UV detector based on AlGaIn/GaN junction heterostructure field-effect transistor with a p-GaN gate" M. Iwaya, Shuichi Miura, Takahiro Fujii, Satoshi Kamiyama, Hiroshi Amano, and Isamu Akasaki: physica status solidi (c), **Vol. 6**, pp. S972-S975 (2009) (査読あり) .
 24. "Realization of high crystalline-quality and thick GaInN

- films” R. Senda, T. Matsubara, D. Iida, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: *physica status solidi (c)*, **Vol. 6**, pp. S502-S505 (2009) (査読あり) .
25. “Improvement of crystalline quality of InGaN epilayers on various crystal planes of ZnO substrate by metal-organic vapor phase epitaxy” Y. Kawai, S. Ohsuka, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: *physica status solidi (c)*, **Vol. 6**, pp. S486-S489 (2009) (査読あり) .
 26. “Growth of thick GaInN on grooved (10-1-1) GaN/ (10-1-2)4H-SiC” T. Matsubara, R. Senda, D. Iida, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: *Journal of Crystal Growth*, **Volume 311**, pp. 2926-2928 (2009) (査読あり) .
 27. “InGaN growth with various InN mole fractions on m-plane ZnO substrate by metalorganic vapor phase epitaxy” Y. Kawai, S. Ohsuka, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: *Journal of Crystal Growth*, **Volume 311**, pp. 2929-2932 (2009) (査読あり) .
 28. “Strong Emission from GaInN/GaN Multiple Quantum Wells on High-Crystalline-Quality Thick m-Plane GaInN Underlying Layer on Grooved GaN” R. Senda, T. Matsubara, D. Iida, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: *Applied Physics Express*, **Vol. 2**, 061004 (2009) (査読あり) .
- [学会発表] (計 75 件)
招待講演等の代表的な発表をピックアップ
1. “Understanding the relationship between IQE and defects in nitride-based LEDs”, M. Iwaya and H. Amano: 2012 SPIE Photonics west, San Francisco USA, 2012. 1. 21-27.
 2. “Observation of GaInN strain relaxation using in situ X-ray diffraction monitoring during metalorganic vapor phase epitaxy growth” M. Iwaya, D. Iida, D. Tanaka, T. Sugiyama, M. Sowa, Y. Kondo, T. Takeuchi, S. Kamiyama, and I. Akasaki : 5th LED and solid state lighting conference, Pusan, Korea, 2012. 2. 23-24.
 3. “Realization of high conversion-efficiency GaInN based solar cells”, M. Iwaya, Y. Kuwahara, T. Fujii, Y. Fujiyama, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, H. Amano: SPIE Photonic West, San Francisco, USA, 2011. 1. 22-1.27.
 4. “IQE and EQE of the nitride-based UV/DUV LEDs” H. Amano, G. J. Park, T. Tanikawa, Y. Honda, M. Yamaguchi, K. Ban, K. Nagata, K. Nonaka, K. Takeda, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, and I. Akasaki: CLEO 2011, Baltimore, Maryland, USA, 1-6 May, 2011.
 5. “High temperature MOVPE of AlGaIn for UV/DUV devices and increased pressure MOVPE of InGaIn for green/yellow devices” H. Amano, T. Ohata, S. Sakakura, T. Sugiyama, T. Tanikawa, Y. Honda, M. Yamaguchi, N. Miyoshi, M. Imade, Y. Mori, K. Ban, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, and I. Akasaki: E-MRS ICAM IUMRS 2011 Spring Meeting, Nice, France, May 9-13, 2011.
 6. “Internal quantum efficiency of nitride-based light emitting devices” H. Amano, T. Tabata, G. J. Park, T. Murase, T. Sugiyama, T. Tanikawa, Y. Kawai, Y. Honda, M. Yamaguchi, K. Takeda, M. Iwaya, T. Takeuchi, I. Akasaki, M. Imade, Y. Kitaoka, and Y. Mori: 5th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors, Toba, Mie, Japan, May 22-26, 2011.
 7. “Fabrication of the High Efficiency GaInN Based Solar Cells”, M. Iwaya, Y. Kuwahara, T. Fujii, Y. Morita, T. Nakao, S. Yamamoto, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano: 16th Semiconducting and Insulating Materials Conference (SIMC-XVI), School of Information and Communication Technology, KTH, Stockholm, Sweden, June 19-23, 2011.
 8. “紫外領域 LED の現状とその可能性” 岩谷素顕: 第 25 回日本レーザー医学会東海地方会 (特別講演)、名古屋市立大学、2011. 7. 24.
 9. “Freestanding highly crystalline single crystal AlN substrates grown by a novel closed sublimation method” M. Iwaya, M. Yamakawa, K. Murata, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, H. Amano, and M. Azuma: The 9th International Conference of Nitride Semiconductors, Glasgow United Kingdom, 2011. 7. 10-15.
 10. “Metalorganic Vapor Epitaxy growth of nitrides analyzed using a novel in situ X-ray diffraction system” D. Tanaka, D. Iida, M. Iwaya, T. Takeuchi, S.

- Kamiyama, and I. Akasaki: The 9th International Conference of Nitride Semiconductors, Glasgow United Kingdom, 2011. 7. 10-15.
11. "Improvement of the light extraction efficiency in the GaN based LED by moth-eye structure" M. Iwaya, T. Kondo, A. Ishihara, T. Kitano, K. Naniwae, T. Takeuchi, S. Kamiyama, and I. Akasaki: The 11th International Meeting on Information Display, Seoul, Korea, 2011. 10. 11-15.
 12. "GaN系デバイス用基板としてのサファイアに対する期待" 岩谷素顕、第41回結晶成長国内会議、つくば、2011. 11. 4
 13. "その場観察 X線回折測定を用いた窒化物半導体のMOVPE成長" 飯田 大輔、岩谷素顕、竹内 哲也、上山 智、赤崎 勇: 第41回結晶成長国内会議、つくば、2011. 11. 4.
 14. "非極性・半極性窒化物半導体の結晶成長技術" 岩谷素顕、上山 智、天野 浩、赤崎 勇: 第2回窒化物半導体結晶成長講演会、三重大学、2010. 5. 14-15.
 15. "Strain relaxation of AlGaIn grown on AlN templates by misfit dislocation generation" Z. H. Wu, K. Nonaka, Y. Kawai, T. Asai, F. A. Ponce, C. Q. Chen, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: The 8th International Symposium on Semiconductor Light Emitting Devices (ISSLED2010), Beijing, China, May 16-21, 2010.
 16. "Recent development and future prospects of the fabrication of GaInN-based solar cells" H. Amano, T. Sugiyama, Y. Kuwahara, Y. Fujiyama, M. Iwaya, S. Kamiyama, and I. Akasaki: The 37th International Conference of Compound Semiconductors, Takamatsu, May 31 - June 4, 2010.
 17. "持続可能な社会システム構築のための窒化物半導体の役割" 天野 浩、岩谷素顕、上山 智、赤崎 勇: 日本結晶成長学会ナノエピ分科会 第1回窒化物半導体結晶成長講演会、東京農工大小金井キャンパス1号館1階ホール、2009. 5. 15-5. 16.
 18. "Growth and conductivity control of high-quality-thick GaInN for the realization of high-efficiency photovoltaic cells" H. Amano, Y. Kuwahara, Y. Fujiyama, Y. Morita, D. Iida, M. Iwaya, S. Kamiyama, and I. Akasaki: the 2nd Photonics and OptoElectronics Meetings (POEM 2009), Uhan, China, Aug. 8-10, 2009.
 19. "Strain control in GaInN/GaN multiple

- quantum wells for high-performance green-light emitters" M. Iwaya, D. Iida, T. Matsubara, S. Kamiyama, H. Amano, I. Akasaki: E-MRS Fall Meeting, Warsaw, Poland, September 14-18, 2009.
20. "High-performance group III nitride-based light-emitting solar cells (LESCs)" , M. Iwaya, Y. Kuwahara, Y. Fujiyama, D. Iida, S. Kamiyama, H. Amano, and I. Akasaki: The International Conference on Advanced Materials (ICAM), Rio de Janeiro, Brazil, September 20-25, 2009.

〔図書〕(計2件)

1. "GaN パワーデバイスの技術展開" 岩谷素顕: 第3章第1節"MOVPE-サファイア基板上へのc面GaNの成長メカニズム"(サイエンスアンドテクノロジー) 2012.
2. "m面SiC基板上への非極性窒化物半導体の結晶成長" 岩谷素顕、川島毅士、飯田大輔、千田亮太、上山智、天野浩、赤崎勇: "窒化物基板および格子整合基板の成長とデバイス特性" (CMC 出版) (2009).

〔産業財産権〕

○出願状況(計10件)

名称: 白色発光ダイオード
 発明者: 岩谷素顕、上山智、赤崎勇
 権利者: 名城大学
 種類: 特許
 番号: 特開2011-249460
 出願年月日: 2010. 5. 25
 国内外の別: 国内

名称: 半導体素子、及び半導体素子の転位低減方法
 発明者: 岩谷素顕、竹内哲也、上山智、赤崎勇、天野浩
 権利者: 名城大学
 種類: 特許
 番号: 特開2012-9784
 出願年月日: 2010. 06. 28
 国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等
<http://nitride.meijo-u.ac.jp/iwaya/index.html>

6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 岩谷 素顕 (IWAYA MOTOAKI)
 名城大学・理工学部・准教授
 研究者番号: 40367735