

機関番号：34315

研究種目：特定領域研究（計画研究）

研究期間：2006～2010

課題番号：18069012

研究課題名（和文）RF-MBE 法による InN および関連混晶の成長と量子ナノ構造の形成

研究課題名（英文）RF-MBE Growth of InN and Related Alloys and Fabrication of Quantum Nanostructure

研究代表者

名西 やす之（NANISHI YASUSHI）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：40268157

研究成果の概要（和文）：

RF-MBE 法を駆使して、InN 系窒化物半導体結晶成長における本質的課題の解決を目指した。再成長やナノコラム成長による貫通転位密度低減技術を開発した。また DERI 法の開発により、再現性よく低キャリア濃度の厚膜 InN を得られるようになった他、新しい InN/InGaN ヘテロ構造、InGaN 厚膜作製技術を開発した。無極性面 InN の結晶成長技術開発にも成功した。さらに Mg セル温度、構造の最適化、DERI 法の応用などにより、再現性よく Mg ドープ p 型 InN 成長に成功した。

研究成果の概要（英文）：

Important intrinsic issues to realize InN-based device application are (1) high density of dislocations, (2) high concentration of residual donors, (3) surface accumulation of carriers, (4) p-type doping and (5) formation of high-quality hetero-interface. Our research is aimed to solve these intrinsic issues by developing advanced RF-MBE growth technique. In this study, we have developed a new InN RF-MBE growth method named DERI (Droplet Elimination by Radical-beam Irradiation), which enable us to obtain high-quality InN, thick InGaN and InN/InGaN multi quantum well structure simply and reproducibly. We have also studied Mg-doping for p-type InN systematically, and evidences for the existence of free holes were successfully obtained.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	32,700,000	0	32,700,000
2007 年度	46,200,000	0	46,200,000
2008 年度	27,700,000	0	27,700,000
2009 年度	13,800,000	0	13,800,000
2010 年度	13,800,000	0	13,800,000
総計	134,200,000	0	134,200,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：窒化物光半導体のフロンティア（領域番号 464）

キーワード：InN、RF-MBE、窒化物半導体、ナノ構造

## 1. 研究開始当初の背景

InN のバンドギャップは30年間にわたって 1.9 eV と信じられてきたが、本研究代表者らが中心となって 0.6~0.7 eV にあることを明らかにした。これらの成果は、結晶成長技術の

向上により高品質結晶が得られるようになったことによって初めてもたらされたものであった。この意味で材料の物性を明らかにし、新規デバイス応用への道を切り開くには、学術的にも技術的にも結晶成長技術の一層

の向上が大前提となる。本研究代表者らは InN の成長に対し、RF-MBE 法が適していることを 1998 年頃よりいち早く提唱し、2000 年には当時世界最高値である  $760 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の移動度をもつ InN 結晶を報告した。2002 年には、本研究代表者らを含む国内外の研究機関から InN のバンドギャップが、 $0.7\sim 0.8 \text{ eV}$  にあるとの報告が相次いだ。真のバンドギャップの議論に予想以上に長い時間を要した。しかし、2004 年頃には本研究代表者らによる結晶成長技術の向上と、広範囲にわたる評価が国際的にも認められ、この議論にも決着がつくことになった。しかし、従来の研究は、高品質の結晶を成長するための詳細な成長条件の解明と成長した結晶の構造および特性の詳細な評価に関するものであり、InN 結晶成長固有の問題に対し、その装置開発や結晶成長の素過程や点欠陥や転位など結晶欠陥の制御など、本材料系の本質的課題に対し踏み込んだ研究ではなかった。ここで提案する研究は、これらの InN と関連混晶に対する結晶成長に対し、固有の本質的問題点を明確にし、その解決の手法を基本に立ち戻って追求しようとする、まさに先進的かつ独創的な研究課題としてスタートしたものである

## 2. 研究の目的

InN のバンドギャップが  $0.65 \text{ eV}$  程度であることが明らかになり、本材料およびその混晶を利用した新しい窒化物半導体ナノエレクトロニクス応用への期待が一挙に強まっている。本研究課題では、分解温度が低いために低温成長が要求されるこれらの材料に対し、低温成長とナノレベルの薄膜制御性に優位性をもち、現在までもっとも高い実績を有する RF-MBE 法によるアプローチを行い、その過程で、RF-MBE 成長におけるこれらの材料に固有の課題を重点的に検討し、デバイス品質の材料とナノ構造を実現するための科学的・技術的知見を得ることを目的としている。ここでは、(1)貫通転位密度の低減化、(2)残留キャリア濃度の低減化、(3)表面電荷蓄積層、(4)p 型ドーピングの実現、(5)高品質ヘテロ界面の実現を InN 系結晶成長における固有の重点課題として、RF-MBE 法によるその場観察手法を取り入れた高品質結晶成長、ナノ構造制御、無極性面成長などによりその解決に取り組んだ。

## 3. 研究の方法

本研究に関わる結晶成長に関しては、RF プラズマおよび ECR プラズマを用いた分子線エピタキシー法 (Molecular Beam Epitaxy) を用いて行った。結晶の評価手法としては、X 線回折、走査電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、透過電子顕微鏡、フォトルミネッセンス、カソードルミネッセンス、ホール効果測定装置、

ECV 評価装置など各種評価方法を用いた。実験の詳細については、「4. 研究成果」にてあわせて述べる。

## 4. 研究成果

以下、本検討課題によって得られた主な成果についてまとめる。

### (1) 無極性 A 面および M 面 InN の結晶成長

InN においては、高密度の表面電荷蓄積層が p 型伝導実現を困難にしているため、表面電荷蓄積層が存在しない可能性が理論的に予測されている無極性面 InN の結晶成長および伝導性制御の検討は非常に重要である。

我々はこれまでに、R 面サファイア基板の窒化処理が無極性 A 面 InN 成長に非常に有効であることを明らかにした。M 面(10-10)InN 結晶成長においては、(100)LiAlO<sub>2</sub> 基板を用いて成長を行った。V/III 比を In リッチ条件で In ドロップレットが析出しない程度まで小さくすることで、C 面 InN の混在がうまく抑えられ、単結晶 M 面(10-10)InN を得ることができる。しかしながら、現段階では A 面、M 面 InN においても表面電荷蓄積層の存在が観測されている。これは結晶表面が理想的な原子レベルでの無極性面のみで形成されていないためと考えられる。

### (2) GaN/InN ヘテロ構造の作製および界面相互拡散制御に関する検討

InN 系材料をベースとしたデバイスを実現するには、InN、GaN 及び InGaN などで形成するヘテロ界面が急峻であることが求められる。InN 系ヘテロ構造作製に関しては、セルフオーダリングを利用した 1 分子層 InN/GaN MQWs) や InN と GaN のインターミキシングを利用した In<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>N/GaN MQWs が報告されており、InN と GaN の界面形成過程はあまりよく理解されていない。そこで本研究では、InN 上に GaN を成長し、GaN/InN 界面における In と Ga のインターミキシングについて検討を行った。

N 極性 InN 上に、成長温度を  $430\sim 530^\circ\text{C}$  で変化させて GaN を  $15 \text{ nm}$  成長させ、GaN/InN ヘテロ界面を作製した。XRD 測定結果より、GaN/InN 界面でインターミキシングが起これ、InGaN 混晶が形成されていることがわかった。また GaN の堆積温度が高くなると、GaN/InN 界面でインターミキシングが活発に起これ、InN 上に形成される InGaN の In 組成が高くなることがわかった。この結果から、GaN を低温で InN 上に堆積させることによりインターミキシングを抑制できることがわかった。

次に、GaN/InN 界面におけるインターミキシングに対して、GaN の堆積速度の影響を検討した。InN 上に、 $510^\circ\text{C}$  で GaN を  $\sim 3 \text{ nm/min}$  と  $\sim 6 \text{ nm/min}$  の異なる堆積速度で  $15 \text{ nm}$  堆積

させた。XRD 測定の結果、GaN を 2 倍のレートで堆積させることによって、インターミキシングにより形成された InGaN の In 組成が約半分になることがわかった。この結果は、GaN の堆積時間を短くすることにより、GaN/InN 界面で拡散する In と Ga の量が少なくなったことに起因していると考えている。

### (3) 新規 InN 結晶成長手法 DERI 法(Droplet Elimination by Radical-beam Irradiation)の提案

RF-MBE 法による InN 成長において、N リッチ条件下での成長では、表面が荒れた低品質の結晶が作製される。一方で、In リッチ条件下では、高品質結晶が得られるが In ドロプレットの発生が問題となる。In ドロプレットの熱脱離より先に InN が乖離してしまうため、In ドロプレットを熱的に除去することは不可能であった。このようなわけで、InN 成長においては原料供給時の厳密なストイキオメトリ (V/III 比) 制御が求められてきた。

この問題を克服するために、本研究課題においては、成長時のその場観察法を最大限に利用することにより、再現性のある高品質 InN 結晶成長手法を確立した。この新規成長手法は、□In リッチ条件下における InN 成長、□窒素ラジカルビーム照射の 2 つのプロセスを通して行われる。

In リッチ条件下における InN 成長では、過剰な In が InN 表面に偏析される。これを反映し、RHEED その場観察でも、強度の弱いストリークパターンが観察される。これに対して、In リッチ条件下における InN 成長後に、窒素ラジカルビーム照射を十分に施したサンプルからは、過剰な In の表面偏析は確認されなかった。また、RHEED その場観察においても強度の強いストリークパターンが観察された。この一連のプロセス中の RHEED 回折強度を測定した結果を図 1 に示す。In リッチ条件下における InN 成長が開始されると、RHEED 回折強度は著しく低下する。これは、InN 表面が N 安定面から In 安定面(数 ML の In WL 層)に変化したと考えられる。その後、RHEED 回折強度は成長時間の増加と共にわずかな減少を示す。InN からの回折は常に確認出来るため、表面の過剰な In はドロプレットの形態をとり、時間と共にサイズが増大していると考えられる。窒素ラジカルビーム照射に移ると、In ドロプレットの萎縮、In 不安定面から N 安定面への変化を通して、最終的には RHEED 回折強度は元のレベルまで戻る。これらの結果は、In ドロプレットの形成、除去の過程を RHEED その場観察法によりモニタリングできることを示している。

上記 DERI 法を繰り返すことにより InN 結晶を作製した。InN の表面モフォロジーは、V/III 比を厳密制御することにより作製された InN よりも、再現性よく平坦な膜を得るこ

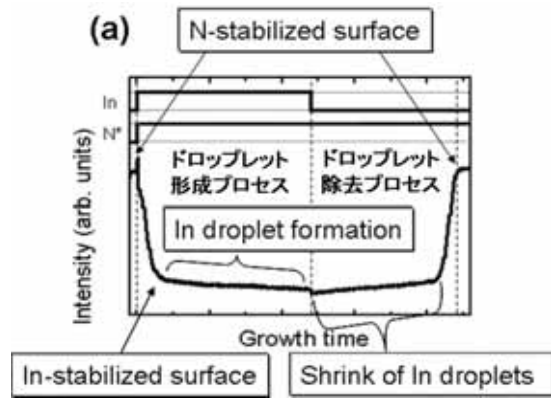


図 1 DERI 成長時の REED 強度変化

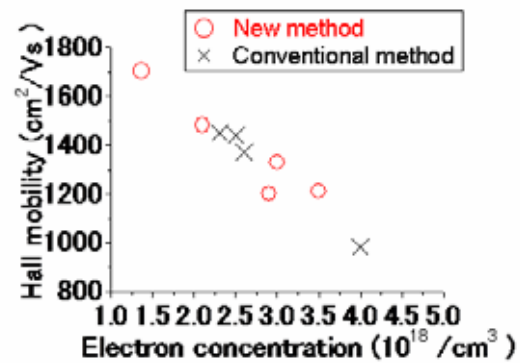


図 2 DERI 法成長した InN の電気的特性

とができた。窒素ラジカルビーム照射後には常に、 $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R30^\circ$ の表面再構成パターンが確認できた。また、電気的特性に関しては、低キャリア濃度、高電子移動度が DERI 法で成長した InN において実現された (図 2)。

### (4) その場観察手法を用いた DERI 法 InN 成長メカニズムの検討

DERI 法を用いた InN および関連混晶材料、またこれらを用いたヘテロ構造の作製技術を確認するためには、その成長メカニズムを十分に理解することが不可欠である。本検討では、DERI 法による InN 成長中の成長基板表面からの光反射率 (照射レーザー光波長 660 nm) の時間変化を測定した。図 3 は光反射率の時間変化を同時に測定している RHEED 強度振動プロファイルとあわせて示したものである。この図から明らかなように、光反射率の振動は RHEED 強度振動と全く同じ周期で変化していることがわかる。DERI 法における RHEED 強度振動は、InN ドロプレットの形成過程および N ラジカル照射によるその消失過程に対応しているが、こうした成長過程を光反射率測定によってもモニタリング可能であることがわかった。

### (5) DERI 法を用いた InN/InGaN 多重量子井戸構造作製

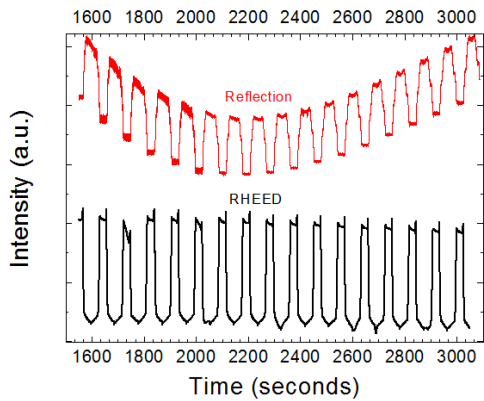


図3 DERI 成長時の光反射率と RHEED 強度の時間変化

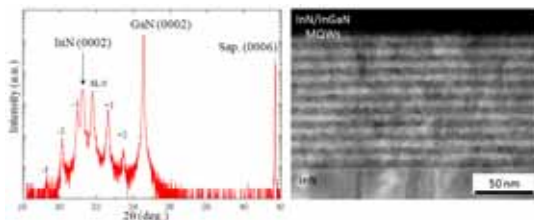


図4 DERI 法で作製した InN/InGaN 多重量子井戸構造の XRD および TEM 像

DERI 法を InGaN 成長に応用した場合、Ga が選択的に InGaN 中に取り込まれ易く、InGaN に取り込まれなかった In は表面にドロップレットとして偏析する。そして、N ラジカルビーム照射によるドロップレット除去プロセスにより、この In が InN に変換形成されることがわかっている。本検討ではこのプロセスを繰り返すことによる InN/InGaN 多重量子井戸構造 (MQW) の作製を試みた。図4には上述のプロセスを 10 回繰り返すことで作製した InN/InGaN MQW 構造からの XRD プロファイルと断面 TEM 像を示す。XRD 評価においては、高次までのサテライトピークが確認され、TEM においても周期構造が確認されたことから本手法が InN/InGaN MQW 構造の作製に対しても有効であることが示された。また InGaN 成長時の In ビーム量を変えることで、InGaN 表面に析出する In ドロップレット量が変化し、N ラジカルビーム照射で形成する InN 井戸層厚のみが変化していることもわかった。以上の結果は、DERI 法を用いた新しいデバイス構造作製の可能性を大いに示すものである。

#### (6) DERI 法を用いた厚膜 InGaN 結晶成長

InN 系窒化物半導体デバイス実現のため、厚膜 InGaN 結晶の必要性が高まっている。我々は DERI 法による InGaN 成長を応用した InN/InGaN 多重量子井戸構造作製技術を開発したが、これを発展させ、InGaN 成長の厚膜化について検討を行った。まず初めに、

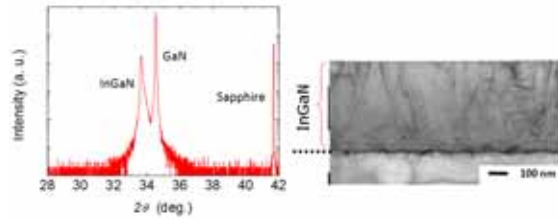


図5 DERI 法で作製した厚膜 InGaN の XRD および TEM 像

Metal-rich 条件での InGaN 成長 (MRGP: Metal-Rich Growth Process) においては、Ga が優先的に InGaN に取り込まれるため、過剰 In がドロップレットとして表面に残る。これに対して続く DEP (Droplet Elimination Process) において、N\*だけでなく Ga も同時に追加照射を行うことで、In ドロップレットを InGaN 薄膜に変換することが可能である。この2つのプロセスを繰り返すことにより、InGaN 厚膜成長を行った。今回の実験では、上記2つのプロセスを1サイクルとして20サイクル繰り返している。作製した In 組成 19% の InGaN の XRD 測定と断面 TEM 観察の結果を図5に示す。XRD では単一 In 組成の InGaN からのシングルピークが得られており、また、断面 TEM 像からもプロセス周期に対応した成長界面など形成されておらず、均一な InGaN が成長していることがわかる。また得られた InGaN の結晶性を XRC にて評価した結果、従来法 (In、Ga、N\*常時供給) と比較して、結晶性の改善も得られた。次に、DERI 法を応用した厚膜 InGaN 成長の全 In 組成域での利用に向けて、Ga の供給量を変化させた際の検討について述べる。Ga flux の減少に対して線形に In 組成が増加しており、本手法においても Ga と N\* の供給量比で InGaN の組成を容易に制御できることを示した。本検討では、In 組成 70% までの InGaN 厚膜化に成功している。以上の結果は、広い組成範囲での InGaN の厚膜成長が、DERI 法を用いることで再現性よく可能になったことを示すものである。

#### (7) Mg ドープ p 型 InN の評価

本検討では、種々の Mg ドープ InN 結晶を作製し、ECV、Thermo-power、XPS、I-V 測定を用いて評価を行った。

まず、Mg ドープ InN を成長する際のアンドープの下地 InN 層の厚さの変化が及ぼす影響を調べた。図6は異なる厚さの下地 InN 層をもつ Mg ドープ InN を Thermo-power にて評価した結果である。Mg 濃度の異なる2つの試料において、下地 InN の厚さが薄くなるにつれて、Seebeck 係数が大きくなり p 型伝導を示す同じ傾向が見られた。このことは、アンドープの下地 InN 層が強い n 型層として働き、Seebeck 係数の評価に影響を及ぼしてい

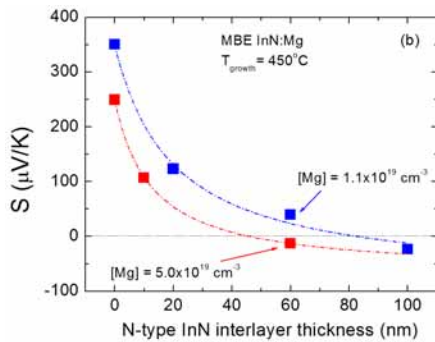


図6 異なる厚さの下地 InN 層をもつ Mg ドープ InN の Thermo-power 評価結果

ることを示している。parallel conduction model を用いた Seebeck 係数変化の解析と ECV 評価の結果から、それぞれの Mg ドープ InN における p 型導電率は、 $[Mg]=1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  で  $10.5(\Omega\text{cm})^{-1}$ 、 $[Mg]=5.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  で  $7.1(\Omega\text{cm})^{-1}$  と見積もられた。

Mg ドーピング InN の膜厚変化と Thermo-power 評価によって得られた Seebeck 係数との関係についても検討を行った。Mg ドーピング InN の膜厚を 2  $\mu\text{m}$  以上まで厚膜化することで、残留不純物濃度や欠陥密度を低減化することができ、800  $\mu\text{V/K}$  以上の非常に高い Seebeck 係数をもつ p 型 InN の作製に成功した。また最近では、米国ローレンスバークレー国立研究所 Walukiewicz 教授グループとの共同研究にて、電解液を介したバイアス制御により、p 型 InN 表面の電荷蓄積層を空乏化させ、InN の pn 接合における整流性を示すデータも得られている。

#### (8) まとめ

本研究課題では、本特定領域 A01 結晶成長グループにおいて、RF-MBE 法を駆使して、InN 系窒化物半導体結晶成長における本質的課題の解決を目指した。以下、具体的に 5 つの課題に対して、得られた成果と今後の課題をまとめる。

- ①貫通転位密度の低減化については、マイクロファセットテンプレート上再成長やナノコラム成長による貫通転位密度低減技術を開発した。しかし、未だ InN 薄膜中には  $10^9/\text{cm}^2$  オーダーの刃状転位が存在するため、さらなる技術開発が望まれる。
- ②残留キャリア濃度の低減化については、ストイキオメトリを簡便に制御できる DERI 法の開発により、再現性よく低キャリア濃度の厚膜 InN を得られるようになった。点欠陥密度低減の効果も確認されており、DERI 法 InN 成長メカニズムの解明、その場観察技術の活用によりさらなる進展を目指す。
- ③表面電荷蓄積層の課題については、無極性面 (A 面、M 面) InN の利用によるその排除を目指した。成長条件 (窒化処理、低温パッ

ファ、成長温度など) の最適化により、世界トップクラスの結晶性を得るまでには至ったが、表面電荷蓄積層低減の明確な効果は得られなかった。

④p 型ドーピングの実現については、Mg セル温度、薄膜構造の最適化、DERI 法の応用などにより、再現性よく Mg ドープ p 型 InN 成長に成功し、ECV、Thermo-power、XPS などの評価を駆使して p 型伝導を実証した。今後はデバイス応用へ向けた pn 接合など実用的検討が求められる。

⑤高品質ヘテロ界面の実現については、DERI 法による新しい InN/InGa<sub>N</sub> ヘテロ構造作製技術を開発した。また GaN/InN、AlN/InN 界面におけるインターミキシング制御技術も見出し、表面キャップ層を応用した表面電荷蓄積抑制への効果が期待できる。

本特定領域研究を通じて、InN 成長の本質的課題解決に繋がる数多くの基盤技術開発に成功し、それらを発展させるための重要な学術的知見の構築にも広く貢献できたと考える。

#### 5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 54 件)

- ① 著者名: T. Yamaguchi, H. Umeda, T. Araki, and Y. Nanishi, 論文標題: Application of Droplet Elimination Process by Radical Beam Irradiation to InGa<sub>N</sub> Growth and Fabrication of InN/InGa<sub>N</sub> Periodic Structure, 雑誌名: Jpn. J. Appl. Phys., 査読: 有、巻: 50、発行年: 2011、ページ: 04DH08/1-4
- ② 著者名: K. Wang, N. Miller, R. Iwamoto, T. Yamaguchi, M. A. Mayer, T. Araki, Y. Nanishi, K. M. Yu, E. E. Haller, W. Walukiewicz, J. W. Ager III, 論文標題: Mg Doped InN and Confirmation of Free Holes in InN, 雑誌名: Appl. Phys. Lett., 査読: 有、巻: 98、発行年: 2011、ページ: 042104/1-3
- ③ 著者名: K. Wang, T. Yamaguchi, T. Araki, E. Yoon, Y. Nanishi, 論文標題: In situ Investigation of Growth Mechanism during Molecular Beam Epitaxy of In-Polar InN, 雑誌名: Jpn. J. Appl. Phys., 査読: 有、巻: 50、発行年: 2011、ページ: 01AE02/1-4
- ④ 著者名: T. Yamaguchi and Y. Nanishi, 論文標題: New MBE Growth Method for High Quality InN and Related Alloys Using in Situ Monitoring Technology, 雑誌名: phys. stat. sol. (a), 査読: 有、巻: 207、発行年: 2010、ページ: 19-23
- ⑤ 著者名: T. Yamaguchi and Y. Nanishi, 論文標題: Indium Droplet Elimination by Radical Beam Irradiation for Reproducible and High-Quality Growth of InN by RF

Molecular Beam Epitaxy、雑誌名：Applied Physics Express、査読：有、巻：2、発行年：2009、ページ：051001-1-3

〔学会発表〕(計 198 件)

- ① 発表者名：Y. Nanishi, T. Yamaguchi, K. Wang and T. Araki、発表標題：Recent Progress in Growth and Characterization of InN and Related Alloys and Those Nano-structures、学会名等：Workshop on Frontier Photonic and Electronic Materials and Devices 2011 German - Japanese - Spanish Joint Workshop、発表年月日：2011年3月17日、発表場所：グラナダ(スペイン)(招待講演)
- ② 発表者名：T. Yamaguchi, Y. Nanishi、発表標題：Growth and Fabrication of InN-based III-nitride Structure Using Droplet Elimination Process by Radical Beam Irradiation、学会名等：SPIE Photonic West 2011、発表年月日：2011年1月24日、発表場所：サンフランシスコ(アメリカ)(招待講演)
- ③ 発表者名：Y. Nanishi, T. Yamaguchi, K. Wang, T. Araki, M. Kaneko, E. Yoon, N. Miller, J. W. Ager III, K. M. Yu, W. Walukiewicz、発表標題：Recent Progress in Growth and Characterization of InN and Related Alloys and Challenges for Device Applications、学会名等：The International Workshop on Nitride semiconductors (IWN2010)、発表年月日：2010年9月21日、発表場所：タンパ(アメリカ)(基調講演)
- ④ 発表者名：Y. Nanishi, T. Yamaguchi、発表標題：Present Status and New Challenges of Nitride Semiconductors for Advanced Electronic Devices、学会名等：2009 E-MRS Fall Meeting、発表年月日：2009年9月16日、発表場所：ワルシャワ(ポーランド)(招待講演)
- ⑤ 発表者名：Y. Nanishi, T. Araki, T. Yamaguchi, D. Muto、発表標題：Recent Progress of InN and InGaN Growth for Device Applications、学会名等：International Workshop on Nitride semiconductors (IWN2008)、発表年月日：2008年10月9日、発表場所：モントルー(スイス)(招待講演)

〔図書〕(計 1 件)

- ① 著者名：Y. Nanishi, T. Araki and T. Yamaguchi、出版社名：CRC、書名：Chapter: 1 - Molecular-beam epitaxy of InN in Indium Nitride and Related Alloys (Editors: T. D. Veal, C. F. McConville, and W. J. Schaff)、発行年：2009、総ページ数：50

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称：窒化物半導体薄膜の製造方法  
発明者：山口智広、名西徳之  
権利者：学校法人立命館  
種類：新規性の喪失の例外適用  
番号：2009-119315  
出願年月日：2009/05/15  
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ritsumeai.ac.jp/se/re/nanishilab/Nanishi-Lab.html>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

名西 やす之 (NANISHI YASUSHI)  
立命館大学・理工学部・教授  
研究者番号：40268157

### (2)研究分担者

荒木 努 (ARAKI TSUTOMU)  
立命館大学・理工学・准教授  
研究者番号：20312126

直井 弘之 (NAOI HIROYUKI)  
立命館大学・COE 推進機構・ポストドクトラルフェロー  
研究者番号：10373101

Hyunseok Na

立命館大学・COE 推進機構・ポストドクトラルフェロー  
研究者番号：80411239

### (3)連携研究者

山口 智広 (YAMAGUCHI TOMOHIRO)  
立命館大学・総合理工学研究機構・ポストドクトラルフェロー  
研究者番号：50454517

金子 昌充 (KANEKO MASAMITSU)

立命館大学・総合理工学研究機構・ポストドクトラルフェロー  
研究者番号：70374709

### (4)研究協力者

王 科 (WANG KE)

立命館大学・総合理工学研究機構・日本学術振興会特別研究員