

平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

◆ 記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字		SAWAKI NOBUHIKO					
①研究代表者氏名		澤木 宣彦		②所属研究機関・部局・職		名古屋大学・大学院工学研究科・教授	
③研究課題名	和文	加工シリコン基板上への窒化物半導体の選択再成長法によるナノヘテロ構造の創製					
	英文	Formation of III-nitrides nano-heterostructures on patterned silicon substrate by selective epitaxy					
④研究経費		平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	総合計
18年度以降は内約額 金額単位：千円		53,800	10,700	8,700	10,600	5,400	89,200
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門		役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
澤木 宣彦	名古屋大学・大学院工学研究科・教授	半導体工学		窒化物ナノヘテロ構造の物性評価の研究と研究の総括			
山口 雅史	名古屋大学・大学院工学研究科・助教授	半導体工学		窒化物ナノヘテロ構造のための微細パターンの作製と電気的性質に関する研究			
田中 成泰	名古屋大学・エコトピア科学研究所・講師	電子顕微鏡・結晶工学		ナノヘテロ構造の結晶性評価に関する研究			
本田 善央	名古屋大学・大学院工学研究科・助手	半導体工学		ナノヘテロ構造のMOVPE成長に関する研究			
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>III-V 族窒化物半導体結晶によるヘテロ接合構造は大きなバンドオフセットを有し、電子の閉じこめ効果が顕著で高温で動作する量子デバイスへの応用が期待されているが、これら材料の微細加工技術は未熟でマイクロ・ナノ構造への適用は未踏の分野である。本研究は、加工を施したシリコン基板上への選択成長法により、複数のファセットで囲まれた GaN 微細単結晶（多面体）を自然形成原理に従って成長させ、これを用いた窒化物半導体ナノヘテロ構造による高温でも量子効果が発現する新規光・電子デバイスを、シリコン基板上に実現することを目標とし、次の点を明らかにすることを目的としている。</p> <p>(1)ファセット面上での窒化物系ヘテロ構造の形成過程の理解とその制御手法の確立、特に、シリコン基板上でのヘテロ成長の特異性の理解、ファセット面による成長速度の相違と制御、並びにファセット面上での化学種の拡散現象とその制御について</p> <p>(2)窒化物結晶ファセット面上における欠陥生成と不純物ドーピング機構の理解、特に結晶面による n 形不純物と p 形不純物のドーピング特性、活性化率の相違とその制御手法について</p> <p>(3)窒化物結晶による微細ヘテロ・量子井戸構造（非対称結合ドット等）の作製法の提案とナノ情報デバイスへの適用性の明示、特に、化学種の拡散現象を活用する微細ヘテロ量子構造の作製法、ヘテロ界面に発生するピエゾ電界の面方位依存性と熱膨張係数の結晶軸方位依存性が及ぼす効果ならびに表界面ポテンシャルについて</p>							

⑦これまでの研究経過 (研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。)

平成 16 年度の成果

1. シリコン(111)面上への GaN 成長において AlGa_N 緩衝層の形成条件とヘテロ界面のポテンシャルならびに電気的特性との関係を、光伝導スペクトル、反射走査電子顕微鏡像を解析することによって評価し、界面ポテンシャルの形を推定した (Physica E21 に発表)。また、緩衝層の微細な結晶形態が試料の結晶性と電気的特性を左右することを明らかにした。特に、鏡面が得られた試料において、Al_N 緩衝層は薄いウエッティング層と六角錐状の微結晶とからなること、界面の電気抵抗はウエッティング層の厚さと面積比 (全体に占める割合) によって決定されていることを明らかにした。厚さと電流密度には指数関数的な関係が見出されトンネル効果による電流成分が支配的であることが示唆された (Jpn.J.Appl.Phys.に投稿中)。
2. ファセット上での AlGa_N および InGa_N 薄膜ならびに多層構造を作製し、その組成と膜厚分布を詳細に評価し、気相ならびにファセット上での Ga 化学種の拡散過程が結果を支配していることを見だし、拡散長、活性化エネルギーを決定した (phys. stat. solid. 2 に発表、ICNS-Bremen で発表)。他方、Al と In の拡散現象は顕著な効果が見られなかった。H16 年度購入した MOVPE 装置の立ち上げを行い、成長条件を設定した。
3. AlGa_N 緩衝層の形成条件と界面構造、欠陥の生成過程との関係の評価する方法として、Ga_N/Si ヘテロ界面の電位分布を電子線ホログラフィーで評価する手法を開発し、界面近傍のフェルミ準位を推定した (Asia-Pacific Electron Microscopy Conference, Kanazawa で発表)。
4. 無添加の(1-101)Ga_N/Al_N ヘテロ構造において、(0001)面上の試料では見られない p 型伝導が見いだされた (Appl. Phys. Lett. 84 に発表)。この構造に Si を添加すると n 型伝導が得られ、ドーピング量に応じて電子密度が増加することを見いだした。この結果、Si が(1-101)面で Ga を置換しドナーとして働くことが明らかになった (IOP Conf. Ser. 184 に発表)。他方、この構造に C を添加すると p 型伝導によるホール濃度が増加することが見いだされた (ICNS-Bremen で発表)。これらの結果は、窒素面にドーブされた C が N を置換しアクセプターとして働いているとして説明された。

平成 17 年度の成果

1. ナノファセット面上での窒化物系ヘテロ構造の均一性確保のために、InGa_N 混晶の成長条件を検証した。In と Ga に関する化学種の拡散現象は、AlGa_N 混晶における Al と Ga の拡散現象と類似で、Ga の拡散現象が結果を支配していることが明らかになった。また、減圧成長を行うことによって気相拡散の影響が格段に抑制され均一性が確保できることが分かった (投稿準備中)。
2. 加工シリコン基板上への選択成長法によって(1-101)N面を有する窒化物結晶を作製し、N面への炭素ならびにマグネシウムのドーピングを試みた。電気的特性評価から両者とも p 型不純物として働くことが分かった (ICNS-Bremen で発表)。光学的特性からは炭素が複数の浅いアクセプタ準位を形成することが見出され、炭素がコンプレックスを形成していることが示唆された (J.Cryst.Growth284 に発表)。Mg の活性化について熱処理効果を評価したところ、(1-101)ファセット面では C 面と異なりアニル効果が弱いことが見出された (投稿準備中)。
3. Ga と N とからなるファセット面上での実験を可能とするため、(311)Si 基板上への選択成長を試み、(11-22)面を有する Ga_N の作製に成功した。この試料の CL 像は結晶内の貫通転位が少ないことを示した (応用物理学会で発表、投稿準備中)。
4. (1-101)ストライプ上の量子構造として InGa_N/Ga_N 及び Ga_N/AlGa_N 光導波路を作製し、この光学利得を評価した。窒素レーザによる光励起でレーザ発振が確認された (phys.stat.solid.に印刷中)。光導波路の光学利得の励起強度依存性を評価したところ、比較的弱い励起強度でもバンド端近傍の広い範囲で正の値が得られた。さらに、AlGa_N/Ga_N 試料の光学スペクトルの時間分解分光法による評価で得られたキャリアの緩和時間 (寿命) は 20ps 程度の短い成分と 200ps 程度の長い成分とからなることが見出された。光学遷移の寿命は C 面上の量子井戸試料より長いことが分かった (投稿準備中)。
5. Si 基板への KOH 異方性エッチングを施して微細(111)ファセット面を作り、ここへの選択成長を試み、サブミクロンの大きさの均一な Ga_N ストライプを作製することに成功した。作製可能な実験条件の範囲は比較的狭く、線幅が狭いほど狭くなった。
6. 窒化物ナノ構造の蛍光体としての可能性を探るため、面の荒いシリコン基板上への MOVPE 成長を行いナノクリスタルを作製し、その CL 特性を評価した。結晶サイズが小さいほど発光強度が増加すること、その効果は AlGa_N キャップ層を有する微結晶の場合に特に顕著であることが見出された。
7. 窒化物六角錐構造の電子放出デバイスへの応用可能性を明らかにするため、ピラミッド先端からの電子放出現象の組成依存性を評価した (応用物理学会で発表)。

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

これまでの半導体集積デバイス作製は、一般的に、基板上に一様な薄膜を作製（エピタキシャル成長）し、その薄膜に微細加工を施す（リソグラフィ）という手順を踏んでいる。窒化物半導体は、物理的に堅牢、化学的に安定という長所があるが、このことが逆に微細加工技術の発展の障害となっており、現状ではデバイスの集積化技術は未踏の分野といえる。本研究は、微細加工したシリコン基板上に自然形成原理によって生成されるファセット構造をそのままの形でデバイスに応用することによって、この弱点を補うという思想の可能性の検証を目標としている。ファセットを用いる結晶成長では、従来のC面上への均一成長とは異なるいくつかの特徴が現れ、このような微細構造を用いるデバイスの実現には、その成長機構と物性の理解が必要不可欠である。我々は、このような意図での研究を進めている。研究の進捗により、以下のような予想を超える（反する）結果が見出された。

1. 傾斜基板上への選択成長と高品質結晶の達成について

シリコン基板上への窒化物の結晶成長で最も大きな問題は、熱膨張係数差によるクラックの発生と格子定数ミスマッチによる結晶欠陥の発生である。六方晶である窒化物の熱膨張係数はC軸方向とC軸に垂直な方向とで大きく異なるため、結晶軸を傾けることにより基板との熱膨張係数差によるクラックの発生が抑えられることを予想し、実際にそれを実証することが出来た。更に転位の伝搬が横方向に曲がるため転位密度の少ない結晶が得られることも実証できた。これらの結果は予想の範囲であった。傾斜基板上への成長では、ヘテロ界面のピエゾ電界の低減効果も視野に入れていた。しかし、最も大きな成果は、(1-101)面 InGaN 結晶には、転位の低減だけでなく、発光の強度分布が極めて均一で、C面上で見られるダークスポットが無い結晶が得られたことである。このことが、(1-101)ストライプ構造の大きな光学利得につながっていると予想している。サファイア基板上の窒化物結晶のレーザ発振にはそれなりの工夫が必要であったが、傾斜シリコン基板上のストライプでは高い光学利得のおかげで光ポンプによるレーザ発振が低い励起強度でも達成出来たことも特筆すべきことである。

2. 化学種の拡散現象について

我々は窒化物系の選択成長法に関する研究を1994年に開始したが、それはGaAs系で行われていた微細量子構造を窒化物系で実現しようとする、ある意味で銅を鉄に替えるような動機が基であった。しかし、成長温度が1000℃と高いため、微細構造の作製は予想以上に難しかった。成長条件の最適化によってようやくサブミクロンの大きさの構造物が手にはいるようになり本研究が開始できたといえる。現在ではナノピラー作製などの研究もあるが、基板上への集積化を意識した研究は少ない。本研究では、精密な構造制御に必須の化学種の拡散現象を取り上げている。AlGaInにおける拡散現象はAlGaAs系で見出されていた結果を焼き直すことによって議論が可能であることが分かったが、これは予想の範囲内であった。しかし、InGaIn系では予想に反してInの拡散現象を明確に見出すことが出来ず、現象はGaの拡散によって支配されていることが分かった。この結果はInNの結晶成長技術の開発が遅れた（難しかった）ことと関係がありそうであるが、その詳細は不明で今後の研究課題である。

3. 不純物のドーピングと活性化について

III-V族化合物半導体においてIV族元素であるCやSiは両極性不純物であり添加の条件によってp形あるいはn形不純物として働く。GaAsへのSiドーピングでは面方位によってこの使い分けが可能であることが知られている。窒化物系ではSiはドナーとしてデバイス応用がされている。Cは添加すると深いアクセプタ準位が同時に形成され試料は高抵抗になるため、電子デバイスの絶縁層として活用されている。アクセプタとしてはMgが使われているが、AlGaIn混晶では準位が深すぎて十分な活性化が得られずその対策が望まれている。我々は、この研究で、AlN層に添加されたCがアクセプタとして働き、AlN/GaNヘテロ構造では実効的にp形伝導が得られることを偶然に発見した。意図的にCをドーピングする実験を行った結果、(1-101)面ではGaN層でもアクセプタとして活性化していることを示唆する結果が得られた。(0001)Ga面では起こり得ないことが見いだされたことになり、特筆すべき成果である。この結果は、結晶の最表面元素の種類によって不純物の置換サイトと活性化が異なるというGaAs:Siの場合と類似と思われるが、我々は、窒化物系ではSiは面方位によらずn形不純物として働くことを確認している。これらの結果は不純物の活性化に関する既存の理論ではうまく説明できない。これまでの理論は平衡状態を仮定しており、原子レベルでのボンド形成過程を考慮していない。結晶成長の経過を取り込むダイナミックな理論の開拓が必要と思われる。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

学術誌等(査読付き論文)

- 1) S.Tanaka, Y.Honda, N.Kameshiro, R.Iwasaki, N.Sawaki, T.Tanji, M.Ichihashi, "Transmission electron microscopy study of an AlN nucleation later for the growth of GaN on a 7-degree off-oriented (001)Si substrate by metalorganic vapor phase epitaxy," J. Cryst. Growth **260**, 360-365 (2004).
- 2) Y.Kuroiwa, Y.Honda, and N.Sawaki, "Photocurrent spectroscopy of a (0001)GaN/AlGaIn/(111)Si heterostructure, Physica E **21**(2-4), 787-792 (2004).
- ③ T.Hikosaka, T.Narita, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Optical and electrical properties of (1-101)GaN grown on a 7°off-axis (001)Si substrate," Appl. Phys. Lett. **84** (23),4717-4719 (2004).
- 4) K.H.Kim, J.Y.Yi, H.J.Lee, M.Yang, H.S.Ahn, C.R.Cho, S.W.Kim, S.C.Lee, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth of thick AlGaIn by metalorganic-hydride vapor phase epitaxy," phys. stat. sol. (c)**1**, 2474-2477 (2004).
- 5) E.H.Kim, T.Narita, Y.Honda, and N.Sawaki, "Optical spectra of GaN/InGaIn/GaN MQW structure grown on a (1-101) GaN facet," phys. stat. sol. (c)**1**, 2512-2515 (2004).
- ⑥ T.Narita, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth and optical properties of InGaIn/GaN quantum well on a (1-101) facet," phys. stat. sol. **2**, 2349-2352 (2005).
- 7) Y.Honda, M.Okano, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Uniform growth of GaN on AlN templated (111)Si substrate by HVPE," phys. stat. sol. **2**, 2125-2128 (2005).
- 8) K.H.Kim, J.Y.Yi, H.J.Lee, M.Yang, H.S.Ahn, S.N.Yi, C.R.Cho, S.C.Lee, S.W.Kim, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth of AlGaIn on Al₂O₃ substrates by Mixed-Source HVPE," IOP Conf. Series **184**, 361-364 (2005).
- 9) J-Y.Yi, K-H.Kim, H-J.Lee, M.Yang, H-S.Ahn, C-R.Cho, S-C.Lee, S-W.Kim, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Doping in GaN and AlGaIn Grown by Mixed-Source Hydride Vapor Phase Epitaxy," IOP Conf. Series **184**, 373-376 (2005).
- 10) T.Hikosaka, Y.Honda, N.Koide, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Effect of Si doping to the (1-101)GaN grown on a 7 degree off oriented (001) Si by selective MOVPE," IOP Conf. Series **184**, 251-254 (2005)
- 11) H.S.Ahn, K.H.Kim, M.Yang, J.Y.Yi, H.J.Lee, C.R.Cho, H.K.Cho, S.W.Kim, T.Narita, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth of thick AlGaIn by mixed-source hydride vapor phase epitaxy," Applied Surface Science **243**, 178-182 (2005).
- ⑫ N.Koide, T.Hikosaka, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Incorporation of carbon on a (1-101) facet of GaN by MOVPE," J. Cryst. Growth **284**, 341-346 (2005)
- 13) H.Kondo, N.Koide, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "On the series resistance in an n-GaN/AlN/n-Si heterojunction structure," Jap. J. Appl. Phys. (2006) in press.
- 14) E.H.Kim, T.Hikosaka, T.Narita, Y.Honda, and N.Sawaki, "Optical spectra of (1-101) InGaIn/GaN and GaN/AlGaIn MQW structure grown on a 7 degree off axis (001)Si substrate," phys. stat. sol. (2006) in press.
- 15) T.Hikosaka, N.Koide, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "p-type conduction in a C-doped (1-101)GaN grown on a 7-degree-off oriented (001)Si substrate by selective MOVPE," phys. stat. sol. (2006) in press.

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

国際会議発表

- 1) K.H.Kim, J.Y.Yi, H.J.Lee, M.Yang, H.S.Ahn, C.R.Cho, S.W.Kim, S.C.Lee, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth of thick AlGa_N by metalorganic-hydride vapor phase epitaxy," 5th Intern. Symp. Blue Laser and Light Emitting Diodes," Kyung joo, (2004).
- 2) E.H Kim, T.Narita, Y.Honda, and N.Sawaki, "Optical spectra of GaN/InGa_N/GaN MQW structure grown on a (1-101) GaN facet," 5th Intern. Symp. Blue Laser and Light Emitting Diodes," Kyung joo, (2004).
- 3) A.Nishioka, Y.Honda, and N.Sawaki, "Fabrication and optical properties of GaN micro-prism array on an Si substrate," Proc. of Intern. Conf. Electrical Engineering 2004, vol. 3-1, 297-300 (2004).
- 4) S.Tanaka, R.Iwasaki, T.Tanji, N.Sawaki and M.Ichihashi, "Electron Holography Study of a GaN/AlGa_N Interface and a GaN Crystal on Si Substrates," Asia-Pacific Electron Microscopy Conference, Kanazawa, M-3-074 (2004).
- 5) T.Narita, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth and optical properties of InGa_N/GaN quantum well on a (1-101) facet," Intern. Workshop Nitride Semiconductors, Pittsburgh, P7.10 (2004).
- 6) Y.Honda, M.Okano, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Uniform growth of GaN on AlN templated (111)Si substrate by HVPE," Intern. Workshop Nitride Semiconductors, Pittsburgh, P17.5 (2004).
- 7) K.H.Kim, J.Y.Yi, H.J.Lee, M.Yang, H.S.Ahn, S.N.Yi, C.R.Cho, S.C.Lee, S.W.Kim, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth of AlGa_N on Al₂O₃ substrates by Mixed Source HVPE," 31st Intern. Symp. Compound Semiconductors, Seoul, P-1-21(2004).
- 8) J-Y.Yi, K-H.Kim, H-J.Lee, M.Yang, H-S.Ahn, C-R.Cho, S-C.Lee, S-W.Kim, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Doping in GaN and AlGa_N Grown by Mixed-Source HVPE," 31st Intern. Symp. Compound Semiconductors, Seoul, P-1-24 (2004).
- 9) T.Hikosaka, Y.Honda, N.Koide, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Effect of Si doping to the (1-101)Ga_N grown on a 7 degree off oriented (001) Si by selective MOVPE," 31st Intern. Symp. Compound Semiconductors, Seoul, P-1-25 (2004).
- 10) N.Sawaki, "Electrical and optical properties of (1-101)Ga_N grown on a 7 degree off oriented (001) Si by selective MOVPE," Proceedings 5th Japan-Korea Joint Workshop on Advanced Semiconductor Processes and Equipment, Unzen, 30-35 (2004)
- 11) T.Narita, T.Hikosaka, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "The Surface Diffusion of Ga in AlGa_N/Ga_N Structures Grown on a (111) Si Substrate by Selective MOPVE," Intern. COE Forum Plasma Science and Technology 2004, Nagoya, P2-42 (2004).
- 12) N.Sawaki, Y.Honda, N.Koide, T.Hikosaka, E.H.Kim, and M.Yamaguchi, "Electrical and optical properties of (1-101)Ga_N/AlN grown on Si substrate," Extend. Abstract 4 th Akasaki Research Center Symposium, Nagoya, 41-46 (2004).
- 13) K.H.Kim, H.S.Ahn, M.Yang, H.J.Lee, K.S.Jang, W.J.Choi, C.R.Cho, S.W.Kim, I.S.Cho, E.H.Kim, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Growth, doping of AlGa_N and electroluminescence of SAG-InGa_N/AlGa_N heterostructure using mixed-source HVPE," 6th Intern. Conf. Nitride Semiconductors, Bremen, TuPo58 (2005).

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

- 14) T.Narita, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Fabrication of III-group Nitrogen Fine Structures on a Si Substrate," JAPAN NANO 2005, Tokyo, P2-16 (2005).
- 15) S.Tanaka, A.Naito, R.Iwasaki, Y.Honda, N.Sawaki, T.Tanji, and M.Ichihashi, "Electron holography study of III-nitride semiconductors on Si substrate," Intern. Symp. EcoTopia Sci., Nagoya, OS-4-P-3 (2005).
- 16) E.H.Kim, T.Hikosaka, T.Narita, Y.Honda, and N.Sawaki, "Optical spectra of (1-101) InGaN/GaN and GaN/AlGaN MQW structure grown on a 7 degree off axis (001) Si substrate," 6 th Intern. Conf. Nitride Semiconductors, Bremen, ThP-067 (2005).
- 17) Y.Honda, Y.Yanase, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Cathodoluminescence Properties of InGaN codoped with Zn and Si," 6th Intern. Conf. Nitride Semiconductors, Bremen, TuP-120 (2005).
- 18) T.Hikosaka, N.Koide, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "p-type conduction in a C-doped (1-101)GaN grown on a 7-degree-off oriented (001)Si substrate by selective MOVPE," 6th Intern. Conf. Nitride Semiconductors, Bremen, ThP-021 (2005).
- 19) T.Narita, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "The surface diffusion of Ga on an AlGaN/GaN stripe structure in the selective MOVPE," 6th Intern. Conf. Nitride Semiconductors, Bremen, FrOP6-4 (2005).
- 20) Y.Honda, E.H.Kim, T.Hikosaka, T.Narita, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Optical spectra of (1-101)InGaN/GaN and GaN/AlGaN MQW structure grown on a 7 degree off axis (001) Si substrate," Extend. Abstract 5 th Akasaki Research Center Symposium, Nagoya, 11-16 (2005).
- 21) T.Hikosaka, N.Koide, Y.Honda, M.Yamaguchi, and N.Sawaki, "Mg doping in (1-101)GaN grown on a 7-degree-off oriented (001)Si substrate by selective MOVPE," 13th Intern. Conf. MOVPE, Miyazaki, ThA1-3 (2006).

国内学会発表

- 1) 成田哲生、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「(111)Si基板上へのGaN/AlGaNストライプ構造のMOVPE成長」、第65回応用物理学会学術講演会、東北学院大学、2a-W-10 (2004)
- 2) 中村剛、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「MOVPE成長によるAlN/GaN/AlN/Si六角錐列の先鋭化」、第65回応用物理学会学術講演会、東北学院大学、2a-W-11 (2004).
- 3) 金銀熙、成田哲夫、本田善央、澤木宣彦、「(1-101)GaNファセット上のAlGaIn/GaN/InGaIn多重量子井戸構造における光学特性」、第65回応用物理学会学術講演会、東北学院大学、3p-W-16 (2004).
- 4) 中村剛、山口雅史、本田善央、澤木宣彦、「AlXGa1-XN/GaN/AlN/Si六角錐列の電子放出測定」、第52回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学、30p-V-19 (2005).
- 5) 近藤広幸、加藤智志、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「MOVPE成長したGaIn/AlN/Siの電流電圧特性(II)」、第52回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学、31a-L-39 (2005).
- 6) 金銀熙、彦坂年輝、成田哲夫、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「(1-101)GaNファセット上のGaIn/InGaIn多重量子井戸構造の光学特性」、第52回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学、31p-L-8 (2005).

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

- 7) 彦坂年輝、本田善央、上村悟史、金銀熙、山口雅史、澤木宣彦、「(001)Si7° off基板上(1-101)GaN/AlGaN/GaNヘテロ構造の表面平坦性」、第52回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学、31a-L-26(2005)。
- 8) 小出典克、彦坂年輝、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「Si基板上に作製したストライプ構造GaNへの炭素ドーピング」、第52回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学、30a-L-12 (2005)。
- 9) 彦坂年輝、小出典克、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「(001)Si7° off基板上(1-101)GaNへのCドーピング」、第52回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学、31a-L-5 (2005)。
- 10) 奈良健太郎、成田哲生、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「Si基板上におけるSiドーピングAlXGa1-XN/GaN六角錐列の電子放出測定」、第66回応用物理学学会学術講演会、徳島大学、7a-ZD-10 (2005)。
- 11) 柳瀬康行、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「ZnおよびSiをコドーピングしたInGaNのCL評価」、第66回応用物理学学会学術講演会、徳島大学、10a-L-12 (2005)。
- 12) 岡野真幸、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「(111)Si基板上へのGaN結晶のHVPE成長におけるSiによる変質」、第66回応用物理学学会学術講演会、徳島大学、7a-X-9 (2005)。
- 13) 彦坂年輝、黒木俊行、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「加工(113)Si基板上への(11-22)面GaNのMOVPE成長」、第53回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、22a-ZF-7 (2006)。
- 14) 彦坂年輝、小出典克、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「加工(001)Si基板上に作製した(1-101)GaNへのMgドーピング」、第53回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、22a-ZF-8 (2006)。
- 15) 内藤頭之、田中成泰、本田善央、澤木宣彦、市橋幹雄、「電子線ホログラフィによるAlGaN/AlN/Si界面のポテンシャル変化の測定」、第53回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、23a-ZL-14 (2006)。
- 16) 柳瀬康行、辻美紀、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「Si基板上に成長したAlN / GaN 微結晶のCL発光特性」、第53回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、23a-ZR-9 (2006)。
- 17) 金銀熙、彦坂年輝、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「(1-101)GaNファセット上のGaN/AlGaN多重量子井戸構造の時間分解分光」、第53回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、24a-ZF-5 (2006)。
- 18) 加藤智志、本田善央、山口雅史、澤木宣彦、「MOVPE成長したGaN/AlGaN/Siの直列電気抵抗」、第53回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、25a-ZE-3 (2006)。