

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：17201

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2016

課題番号：26709020

研究課題名(和文)酸化ガリウムヘテロ接合とデバイス応用に関する研究

研究課題名(英文)Study on Ga203 based heterojunction for device applications

研究代表者

大島 孝仁(Oshima, Takayoshi)

佐賀大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：60583151

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,900,000円

研究成果の概要(和文)：Ga203系ヘテロ接合デバイスを目指して、代表的なエピタキシャル法であるPLDとMBEを用いて作製した(AI,Ga)203膜の検討、ヘテロ接合界面のバンドアライメント評価、ならびに変調ドーピング構造作製評価を行った。その結果、MBEにより表面平坦な膜が得られること、ヘテロ接合がType Iであり、伝導帯価電子帯バンドオフセット比がおおよそ2:1であることが分かった。さらに、変調ドーブによりヘテロ接合界面にキャリアの閉込を観察した。これらの知見は、Ga203ヘテロ接合デバイスの実現を強く示唆するものであった。

研究成果の概要(英文)：For future realization of Ga203-based heterojunction device, we compared two growth techniques of PLD and MBE, measured a band-alignment of (Al,Ga)203/Ga203 heterojunction, and evaluated electrical properties of modulation-doped (Al,Ga)203/Ga203 structure. We found that MBE was better suited for obtaining flat film surface. While the (Al,Ga)203/Ga203 was found to be the Type I junction with 2:1 conduction-valence band discontinuity ratio. Furthermore, carrier confinement at the modulation-doped heterojunction was observed for the first time in the Ga203-based semiconductor. These findings suggest the future realization of Ga203 heterojunction devices.

研究分野：半導体工学

キーワード：酸化ガリウム ヘテロ接合 変調ドーブ

1. 研究開始当初の背景

(1)本研究対象である酸化ガリウム(Ga_2O_3)は、非常に大きなバンドギャップ4.6 eVを有する新規半導体でありパワーデバイス応用が期待されている[1]。パワーデバイスは、原理的にバンドギャップの大きな半導体を用いるほど省エネで大電力制御が可能になるが、この Ga_2O_3 を用いることで、現在実用化が進められている窒化ガリウム(GaN , 3.4 eV)、炭化珪素(SiC , 3.2 eV)よりも10倍以上省エネ性能が向上すると試算されている[2]。現在の Ga_2O_3 研究のトレンドは、電気自動車のモーター制御など比較的スイッチング速度の小さな用途を想定した金属酸化物半導体トランジスタ(MOSFET)開発であり、すでにデバイス動作試験が行われ、良好なデバイス特性を示している[3]。

一方、研究代表者は、 Ga_2O_3 がよりスイッチング速度が大きく大電力制御が必要な用途(例えば衛星通信の電波増幅)に対しても有望と考え、それに効果的な高移動度電子トランジスタ(HEMT)の実現を目指している。このHEMTは、半導体ヘテロ接合界面を利用して電子を高速にスイッチングさせることが可能なデバイスである。このデバイスを Ga_2O_3 系で作製するためには、 Ga_2O_3 と酸化アルミニウム(Al_2O_3)を混ぜ合わせた $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 混晶薄膜成長[4]、 $(Al_xGa_{1-x})_2O_3/Ga_2O_3$ ヘテロ接合界面における物性解明、デバイスプロセスの開発等が必要である。

2. 研究の目的

(1)このようにヘテロ接合系のデバイス開発には様々な観点から研究を進めていく必要がある。その中でも、著者らは、ヘテロ接合における物性の解明、さらにデバイス応用に最も重要な変調ドープ構造によるヘテロ接合界面への二次元電子ガス閉じ込め効果の確認、さらにはヘテロ接合デバイス作製を目的として研究を開始した。

3. 研究の方法

(1)エピタキシャル薄膜成長装置として、東工大時には、酸素ラジカル支援型パルスレーザー堆積(PLD)装置を立ち上げ、佐賀大学時には、分子線エピタキシー(MBE)装置を立ち上げた。それぞれ酸化物でよく用いられる物理気相堆積法であり、酸化マグネシム亜鉛($MgZnO$)等の研究から、 $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 混晶薄膜やヘテロ接合形成に適した方法とされている。なおPLDについては、通常の酸素ガスを酸化源としただけでは、Ga種の蒸発が大きく組成制御が困難であったため、強酸化源であるラジカルを導入した[5]。

(2)それらPLDとMBEを用いて、 $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ ヘテロエピタキシャル薄膜成長を行い、その混晶薄膜特性、ならびに界面の物性を評価した。有用な成果として $(Al_xGa_{1-x})_2O_3/Ga_2O_3$ バンドオフセットの計測とヘテロ接合におけるキャリアの閉じ込めを

観測したが、それぞれPLDとMBEによる成果である。

4. 研究成果

(1)始めにPLDとMBEの比較について検討した結果を示す。

図1に $\beta-Ga_2O_3$ 基板上に作製した $\beta-(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 薄膜($x \sim 0.2$)のXRD逆格子マップを示す。いずれの薄膜においても基板と薄膜の回折スポットの面内座標が同じであり、 $\beta-(Al_xGa_{1-x})_2O_3/Ga_2O_3$ 界面はコヒーレントであることが分かった。一方、図2にそれぞれの薄膜の走査型電子顕微鏡(SEM)による表面観察結果を示す。MBEでは平坦な薄膜が得られたが、PLDでは表面に堆積物がみられた。

この堆積物に対してオージェ電子分光により組成を評価したところ、膜の組成よりも明らかにAlリッチであった。このAl濃縮された堆積物の起源については、アブレーションによる焼結体混晶ターゲット表面のAl濃縮が関連していると考えられる。そのため、PLDで平坦な膜を得る場合は、混晶ターゲットではなく Al_2O_3 と Ga_2O_3 のモザイクターゲットを使う等の対応をする必要があると考えられる。

このように、MBEとPLDいずれの方法においても結晶性は良好であるが、平坦性ではMBEの方が優れていた。よって、本研究期間の後半にMBEを立ち上げた。

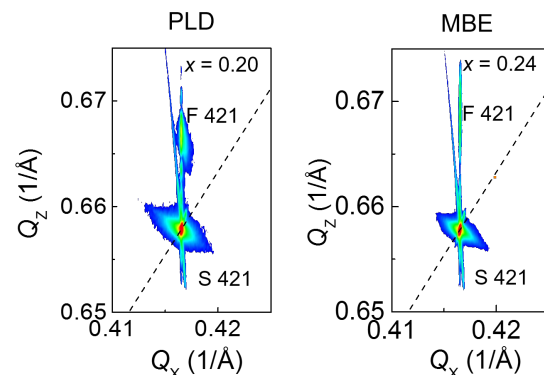


図1. PLDとMBEで作製した $\beta-(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 薄膜($x \sim 0.2$)のXRD逆格子マップ。

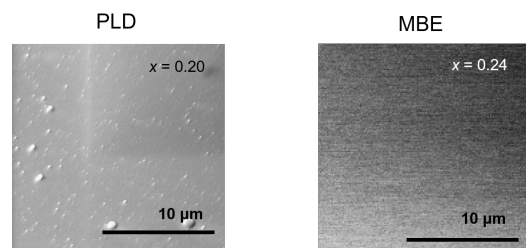


図2. PLDとMBEで作製した $\beta-(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 薄膜($x \sim 0.2$)のSEM像。

(2)ヘテロ接合界面のバンド不連続における接合型の別、ならびにバンドオフセット定量は、デバイス応用において重要な情報となる。そこで、 $\beta-(Al_xGa_{1-x})_2O_3/Ga_2O_3$ のバンドアラインメントを評価した。サンプルとして $\beta-Ga_2O_3$

薄膜, β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ 薄膜, β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/Ga₂O₃ 積層構造を PLD により作製し, 電子分光により内殻準位と価電子帯上端のエネルギー位置, バンドギャップを測定した。それらのエネルギーを比較した結果, 図 3 のように Type I 型であり, 伝導体オフセットと価電子帯オフセットの比率が, 17 : 9 とほぼ 2 : 1 であることを示した[6]。このバンドオフセット不連続比は, AlAs/GaAs, AlN/GaN とほぼ同等であり, β -Ga₂O₃ もそれら代表的な化合物半導体混晶系と同様に取り扱うことができ, HEMT デバイスの作製が可能であることを示している。

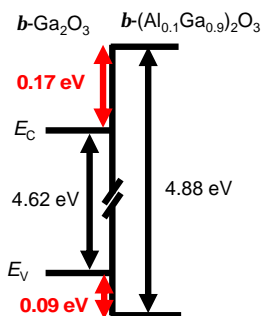


図 3. β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/Ga₂O₃ ヘテロ接合 ($x \sim 0.1$) におけるバンドラインナップ。

(3)ヘテロ接合界面における二次元電子ガスは, HEMT の肝となる。そこで, 変調ドーピング構造を持つ β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/Ga₂O₃ 構造を作製し, 界面でのキャリア閉じ込め観察を試みた。

この試みにおいて, 変調ドーピング構造を薄膜成長中の意図的なドーピングではなく, 基板中の吸着物を利用して行った。大気に曝された成長前の基板には, 基板種に限らず, Si 含有吸着物があり, この Si は成長膜中に取り込まれ, β -Ga₂O₃ や GaN では活性な n 型ドーパントとして振る舞うことが知られている。そこで, その吸着物由来の Si を用いて変調ドーピング構造の作製を試みた[7]。

作製した β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ の構造を XRD 測定から評価した。図 4 に(020)反射近傍の XRD θ - 2θ パターンを示す。基板の高角側にラウエ振動を伴う薄膜ピークが観察され, 薄膜は良好な結晶性を有していることが分かった。

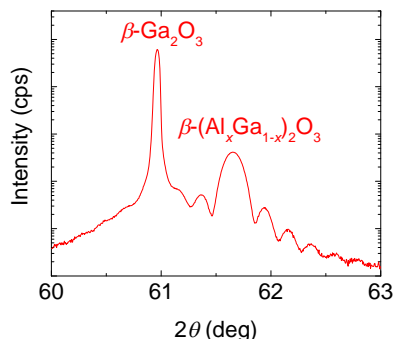


図 4 n 型 (010) β -Ga₂O₃ 基板上に直接 β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ 薄膜を成長させた試料の XRD パターン。

薄膜の Al 組成は, 解析式[8]を利用して $x = 0.175$ と推定された。また, 膜厚はラウエ振動の各ピーク角度から $d = 54$ nm と分かった。

二次イオン質量分析 (SIMS) により界面近傍の不純物の深さ分布を評価した。図 5 は, Si と Sn 濃度の SIMS プロファイルである。界面の位置を決定するために同時に Ga₂ 二次イオン強度も重ねて示している。界面は Ga₂ イオン強度が傾斜している領域である。

この結果は, 成長前基板中の吸着物に含まれる Si が成長初期に膜中に取り込まれ成長方向に拡散していることを示している。このドーピング手法はやや奇抜であるが, ドーパント分布を考慮すればこれも変調ドーピングと見える。

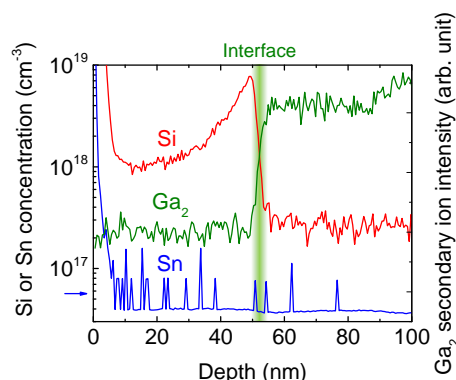


図 5. Si と Sn 濃度, Ga₂ イオン強度の深さ依存性。

作製したヘテロ接合界面におけるキャリア濃度分布を C-V 測定により評価した。この電気測定のために, 基板裏面に In オーミック電極を形成し, 薄膜表面に直径 190 μ m の Au を蒸着して Au/ β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃:Si/Ga₂O₃ 構造を作製した。

図 6(a)に測定した C-V 特性と並列コンダクタンスから求めた電流-電圧 (J-V) 特性を示す。J は順バイアス側で大きく増加したが, 散逸係数は最大でも -0.31 (2.8 V 時) であり, C の計測に影響はないと考えられる。C は負から正バイアスが印可されるにつれて単調に増大した。このとき, -1 V 付近で C がほぼ一定となる領域が見られ, その値は変調ドーピング層 β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ が完全に空乏化したときの容量 (C_d) に相当した。この結果は, ヘテロ界面に閉じ込められたキャリアの存在, すなわち二次元電子ガスの存在を世界で初めて示したものである。図 6(b)に C-V 特性から導出したキャリア濃度の深さ依存性を示すが, 一見して分かる通りヘテロ界面でキャリア濃度が極大となった。この界面のシートキャリア濃度は, 基板のキャリア濃度 ($\sim 2 \times 10^{17}$ cm⁻³) を除いて積分すると 3×10^{12} cm⁻² となった。この値は, AlGaAs/GaAs 系の典型的な値 (1×10^{12} cm⁻²) と同程度であった。

これらの結果は, β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/Ga₂O₃ 系においても, 同じく分極効果の無い AlGaAs/GaAs 系と同じようにヘテロ接合界面にキャリアの閉じ込めが可能であり, HEMT

応用が可能であることを強く示唆している。

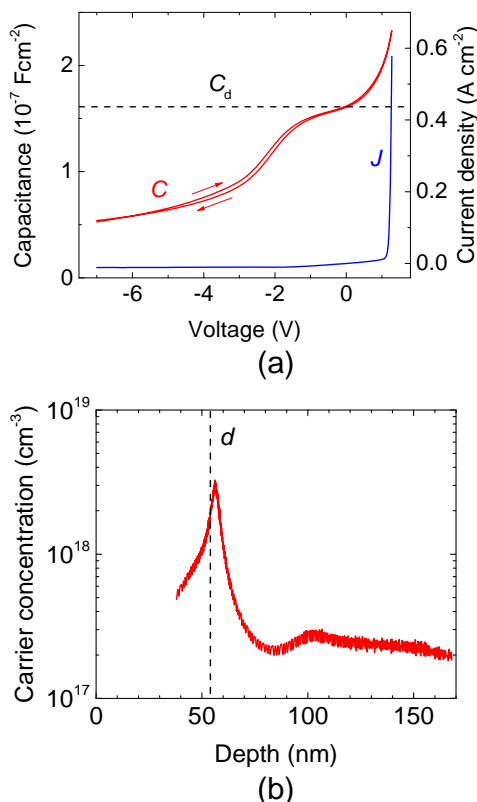


図 7 $\beta\text{-(Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{)}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ ヘテロ接合における
(a) C-V 曲線と(b)キャリア濃度の深さ依存性。

(4) 残念ながら当初の計画である HEMT 作製には至らなかった。しかしながら、上記の知見は、いずれも $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 系ヘテロ接合デバイス実現を強く示唆するものであり、今後の同分野の発展に大きく寄与すると考えられる。

[1] Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 30101 (2015).
 [2] Appl. Phys. Lett. **100**, 13504 (2012).
 [3] Appl. Phys. Lett. **103**, 123511 (2013).
 [4] Jpn. J. Appl. Phys. **48**, 70202 (2009).
 [5] J. Cryst. Growth **424**, 77 (2015).
 [6] 34th Electronic Materials Symposium, Th3-16, 2015.
 [7] Appl. Phys. Express **10**, 35701 (2017).
 [8] Appl. Phys. Express **9**, 61102 (2016).

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 6 件)

- Takayoshi Oshima, Yuji Kato, Masaya Oda, Toshimi Hitora, and Makoto Kasu
 “Epitaxial growth of $\gamma\text{-(Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{)}_2\text{O}_3$ alloy films for band-gap engineering”
 Applied Physics Express (2017) in press. 査読有
- Takayoshi Oshima, Yuji Kato, Naoto Kawano, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Shizuo Fujita, Toshiyuki Oishi, and Makoto

Kasu

“Carrier confinement observed at modulation-doped $\beta\text{-(Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{)}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ heterojunction interface”

Applied Physics Express **10** (2017) 035701 (3 pages). 査読有

<http://doi.org/10.7567/APEX.10.035701>

- Takayoshi Oshima, Ryo Wakabayashi, Mai Hattori, Akihiro Hashiguchi, Naoto Kawano, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, Akira Ohtomo, Toshiyuki Oishi, and Makoto Kasu

“Formation of indium-tin oxide ohmic contacts for $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ”

Japanese Journal of Applied Physics Selected Topics in Applied Physics **55** (2016) 1202B7 (3 pages). 査読有

<http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.55.1202B7>

- Mai Hattori, Takayoshi Oshima, Ryo Wakabayashi, Kohei Yoshimatsu, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Koji Horiba, Hiroshi Kumigashira, and Akira Ohtomo

“Epitaxial growth and electric properties of $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3(110)$ films on $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3(010)$ substrates”

Japanese Journal of Applied Physics Selected Topics in Applied Physics **55** (2016) 1202B6 (5 pages). 査読有

<http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.55.1202B6>

- Ryo Wakabayashi, Takayoshi Oshima, Mai Hattori, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo

“Oxygen-radical-assisted pulsed-laser deposition of $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ and $\beta\text{-(Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{)}_2\text{O}_3$ films”

Journal of Crystal Growth **424** (2015) 77–79 (3 pages). 査読有

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2015.05.005>

- Takayoshi Oshima, Keitaro Matsuyama, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo

“Conducting Si-doped $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ epitaxial films grown by pulsed-laser deposition”

Journal of Crystal Growth **421** (2015) 23–26 (4 pages). 査読有

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2015.04.011>

- Takayoshi Oshima, Mifuyu Niwa, Akira Mukai, Tomohito Nagami, Toshihisa Suyama, and Akira Ohtomo

“Epitaxial growth of wide-band-gap ZnGa_2O_4 films by mist chemical vapor deposition”

Journal of Crystal Growth **386** (2014) 190–193 (4 pages). 査読有

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2013.10.012>

[学会発表](計 34 件)

- Takayoshi Oshima, Yuji Kato, Masaya Oda, Toshimi Hitora, and Makoto Kasu
 “Band-gap engineering of metastable $\gamma\text{-(Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{)}_2\text{O}_3$ alloy system”
 Compound Semiconductor Week 2017, Berlin, Germany (May 14–18, 2017) (Oral)
- Takayoshi Oshima, Yuji Kato, Naoto Kawano, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Shizuo Fujita, Toshiyuki Oishi,

- and Makoto Kasu
 “Successful modulation-doping for β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/β-Ga₂O₃ system”
 Compound Semiconductor Week 2017, Berlin, Germany (May 14–18, 2017) (Oral)
3. Takayoshi Oshima
 “Growth and characterization of (Al,Ga)₂O₃-based alloy and heterostructures”
 The 5th International Conference on Light-Emitting Devices and Their Industrial Applications, Yokohama, Japan (April 19–21, 2017) LED5-1 (Oral, Invited)
 4. 橋口明広, 森林朋也, 大島孝仁, 大石敏之, 輿公祥, 佐々木公平, 倉又朗人, 上田修, 嘉数誠
 “(001)β-Ga₂O₃ ショットキーバリアダイオードのリーク電流と結晶欠陥との関係”
 2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川県 (2017 年 3 月 14–17 日) 14p-502-5.
 5. 森林朋也, 橋口明広, 大島孝仁, 花田賢志, 大石敏之, 輿公祥, 佐々木公平, 倉又朗人, 上田修, 嘉数誠
 “(-201)β-Ga₂O₃ ショットキーバリアダイオードのリーク電流と結晶欠陥との関係”
 2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川県 (2017 年 3 月 14–17 日) 14p-502-4.
 6. 加藤勇次, 大島孝仁, 織田真也, 人羅俊実, 嘉数誠
 “γ-(Al_xGa_{1-x})₂O₃ 混晶系におけるバンドギャップ制御”
 2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川県 (2017 年 3 月 14–17 日) 14a-502-7.
 7. 加藤勇次, 大島孝仁, 河野直士, 倉又朗人, 山腰茂伸, 藤田静雄, 大石敏之, 嘉数誠
 “β-(Al_xGa_{1-x})₂O₃/β-Ga₂O₃ ヘテロ接合界面におけるキャリア閉じ込めの観察”
 2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川県 (2017 年 3 月 14–17 日) 14a-502-6.
 8. 大島孝仁, 加藤勇次, 河野直士, 倉又朗人, 山腰茂伸, 藤田静雄, 大石敏之, 嘉数誠
 “酸化ガリウム系ヘテロ接合界面におけるキャリア閉じ込めの観察”
 電気学会 電子デバイス研究会 次世代化合物半導体デバイスの機能と応用, 絹の渓谷碧流, 栃木県 (2017 年 3 月 9–10 日) EDD-17-042. (招待)
 9. 嘉数誠, 花田賢志, 大島孝仁
 “EFG 法 β 型酸化ガリウムの結晶欠陥と SBD 素子特性との関連”
 日本学術振興会結晶成長の科学と技術第 161 委員会第 98 回委員会, 長浜ロイヤルホテル, 滋賀県 (2017 年 1 月 12–13 日) 2 部-3.
 10. 大島孝仁
 “γ 型酸化ガリウム系半導体の開拓研究”
 第 3 回学産交流ポスターセッション, 新化学技術推進協会会議室, 東京 (2016 年 12 月 14 日) 11.
 11. 橋口明広, 森林朋也, 花田賢志, 大島孝仁, 大石敏之, 輿公祥, 佐々木公平, 倉又朗人, 上田修, 嘉数誠
 “β-Ga₂O₃ ショットキーバリアダイオードのリーク電流と結晶欠陥との関係”
 2016 年第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ 新潟県 (2016 年 9 月 13–16 日) 16a-A22-2.
 12. 河野直士, 大島孝仁, 嘉数誠, 大石敏之
 “酸化ガリウムダイオードを用いたレクテナ回路動作”
 2016 年第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 新潟県 (2016 年 9 月 13–16 日) 15a-B1-5.
 13. 大島孝仁, 若林諒, 服部真依, 橋口明広, 河野直士, 佐々木公平, 増井建和, 倉又朗人, 山腰茂伸, 吉松公平, 大友明, 大石敏之, 嘉数誠
 “β-Ga₂O₃ 用 ITO オーミック電極”
 2016 年第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 新潟県 (2016 年 9 月 13–16 日) 14p-P10-24.
 14. Takayoshi Oshima
 “PLD and MBE growth of Ga₂O₃ and (Al_xGa_{1-x})₂O₃”
 German-Japanese Gallium Oxide Technology Meeting 2016, Berlin, Germany (Sep. 7–9, 2016) (Oral, Invited)
 15. Takayoshi Oshima, Ryo Wakabayashi, Mai Hattori, Akihiro Hashiguchi, Naoto Kawano, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, Akira Ohtomo, Toshiyuki Oishi, and Makoto Kasu
 “ITO ohmic contacts for β-Ga₂O₃”
 German-Japanese Gallium Oxide Technology Meeting 2016, Berlin, Germany (Sep. 7–9, 2016) (Poster)
 16. 大島孝仁
 “酸化ガリウム系半導体の薄膜成長”
 第 1 回 ISYSE 研究会, 広島大学 (2016 年 8 月 26 日). (招待)
 17. 大島孝仁
 “Mist CVD 法の基礎と応用”
 日本学術振興会透明酸化物光・電子材料第 166 委員会第 72 回研究会, 田町キャンパスイノベーションセンター, 東京都 (2016 年 7 月 15 日) I05. (招待)
 18. Takayoshi Oshima
 “Epitaxial growth of gamma-phase Ga₂O₃ semiconductor”
 Energy Materials Nanotechnology collaborative conference on Crystal Growth 2015, Hong Kong, China (Dec. 14–17, 2015) B14 (Oral, Invited)
 19. Mai Hattori, Ryo Wakabayashi, Takayoshi Oshima, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Hiroshi Horiba, Hiroshi Kumigashira, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
 “Evaluation of band offset at β-(Al_xGa_{1-x})₂O₃/β-Ga₂O₃”
 The 1st International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials, Kyoto University, Japan (Nov. 3–6, 2015) 17. (Oral)
 20. Mai Hattori, Takayoshi Oshima, Ryo Wakabayashi, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
 “Epitaxial relationship and capacitance-voltage characteristics of γ-Al₂O₃ films grown on (010) β-Ga₂O₃ substrates”
 The 1st International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials, Kyoto University, Japan (Nov. 3–6, 2015) F3.

- (Oral)
21. Ryo Wakabayashi, Takayoshi Oshima, Mai Hattori, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
“Strong Fermi-level pinning at metal β -Ga₂O₃(-201) interface”
The 1st International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials, Kyoto University, Japan (Nov. 3–6, 2015) E17. (Poster)
 22. Ryo Wakabayashi, Takayoshi Oshima, Mai Hattori, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
“Growth and electric properties of conductive β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ films”
The 1st International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials, Kyoto University, Japan (Nov. 3–6, 2015) C6. (Oral)
 23. Takayoshi Oshima, Keitaro Matsuyama, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
“N-type Doping of γ -Ga₂O₃ epitaxial films”
The 1st International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials, Kyoto University, Japan (Nov. 3–6, 2015) C4. (Oral)
 24. Ryo Wakabayashi, Mai Hattori, Takayoshi Oshima, Akira Mukai, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
“Oxygen-radical-assisted pulsed-laser deposition of β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ alloy films”
The First E-MRS/MRS-J Bilateral Symposia, Yokohama, Japan, (Dec. 10–12, 2014) XA-O12-011. (Oral)
 25. 大島孝仁
“酸化ガリウムの研究とエレクトロニクスへの応用”
グリーンエレクトロニクス研究所セミナー, 佐賀大学 (2015年10月21日). (招待)
 26. 服部真依, 若林諒, 大島孝仁, 佐々木公平, 増井建和, 倉又朗人, 山腰茂伸, 吉松公平, 大友明
“ β -Ga₂O₃ 上 γ -Al₂O₃ 膜のエピタキシャル構造と容量電圧特性評価”
2015年第76回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋国際会議場 (2015年9月13–16日) 15p-1B-2.
 27. 若林諒, 大島孝仁, 服部真依, 佐々木公平, 増井建和, 倉又朗人, 山腰茂伸, 吉松公平, 大友明
“金属/ β -Ga₂O₃ (201)界面における強いフェルミ準位ピンニング効果”
2015年第76回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋国際会議場 (2015年9月13–16日) 15p-1B-1.
 28. 大島孝仁
“酸化ガリウム系半導体の開拓”
応用化学専攻談話会, 東京工業大学 (2015年7月31日).
 29. Takayoshi Oshima, Mai Hattori, Ryo Wakabayashi, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Hiroshi Horiba, Hiroshi Kumigashira, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
“Type-I band alignment at β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/ β -Ga₂O₃ heterojunctions”
34th Electronic Materials Symposium, ラフォーレ琵琶湖, 滋賀県 (2015年7月15–17日) Th3-16.
 30. Ryo Wakabayashi, Takayoshi Oshima, Mai Hattori, Kohei Sasaki, Takekazu Masui, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Kohei Yoshimatsu, and Akira Ohtomo
“Oxygen-radical-assisted pulsed-laser deposition of β -Ga₂O₃-based films”
34th Electronic Materials Symposium, ラフォーレ琵琶湖, 滋賀県 (2015年7月15–17日) We1-27.
 31. 服部真依, 若林諒, 大島孝仁, 佐々木公平, 増井建和, 倉又朗人, 山腰茂伸, 堀場弘司, 組頭広志, 吉松公平, 大友明
“ β -(Al_xGa_{1-x})₂O₃/ β -Ga₂O₃ ヘテロ接合のバンドオフセット評価”
2015年第62回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学 (2015年3月11–14日) 13p-D1-8.
 32. 若林諒, 服部真依, 大島孝仁, 佐々木公平, 増井建和, 倉又朗人, 山腰茂伸, 吉松公平, 大友明
“酸素ラジカル支援 PLD 法による酸化ガリウム系混晶薄膜の成長”
2015年第62回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学 (2015年3月11–14日) 13p-D1-7.
 33. 松山慶太郎, 大島孝仁, 吉松公平, 大友明
“伝導性 γ 相酸化ガリウム薄膜の作製”
2014年第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学 (2014年9月17–20日) 19p-A12-14.
 34. Takayoshi Oshima
“Optical applications of wide-band-gap gallium oxide”
23rd Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography, Montreal, Canada (Aug 5–12, 2014) MS94.O01 (Oral, Invited)
- [図書] (計 0件)
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 0件)
取得状況 (計 0件)
- [その他]
該当なし.
6. 研究組織
(1) 研究代表者
大島 孝仁 (OSHIMA, Takayoshi)
佐賀大学・大学院工学系研究科・特任助教
研究者番号: 60583151