

様式 C-7-1

平成29年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	14603
研究代表者	部局	物質創成科学研究科		
	職	教授		
	氏名	浦岡 行治		

1. 研究種目名 基盤研究(B)(一般) 2. 課題番号 16H04332

3. 研究課題名 超臨界水を活用したGaNパワー素子の高信頼性化技術

4. 研究期間 平成28年度～平成30年度 5. 領域番号・区分 -

6. 研究実績の概要

今年度は、昨年度試作した超臨界水処理（SCW）装置を用いて形成した2種類のMIS界面の電子物性を評価した。GaN表面をSCW装置により直接酸化した界面とさらにその上に堆積された絶縁膜との界面を観測した。
 GaN表面に直接、熱処理を施すことで、酸化ガリウム（Ga₂O₃）の形成を試みた。Ga₂O₃は、バンドギャップ4.6～4.9 eVを有するワイドギャップ半導体である。形成された酸化膜に対して、X線回折測定による結晶状態評価、原子間力顕微鏡による表面モフォロジー評価などのプロセスにおける基礎的な情報から、X線光電子分光による界面の化学結合評価、バンドオフセット評価などの物性に関わる情報を得ることで、GaN HEMTのゲート絶縁膜やパッシベーション膜として利用可能であるか評価を行った。
 また、SCW処理によって改質されたGaN表面にALD（原子層堆積法）法によって形成したAl₂O₃/GaN MIS構造の評価を行った。この界面単位密度を周波数分散、Termin法、コンダクタンス法によって算出した。本研究では、ALD法によるAl₂O₃をゲート絶縁膜として、採用する。これまでの我々の研究によって、TMA（Trimethyl-aluminum）をブリカーサとしたプラズマ励起法によるAl₂O₃膜がゲート絶縁膜として有望であることを確認している。同様に、Al₂O₃絶縁膜に対する熱処理効果についても固定電荷密度の算出、リーク電流評価によって明らかにした。また、XPSによる深さ方向分析も実施し、界面の結合状態がどのように変化したか同定した。

7. キーワード

窒化ガリウム 超臨界水 HEMT

8. 現在までの進捗状況

区分 (1) 当初の計画以上に進展している。

理由
 今年度は、昨年度試作した超臨界水処理（SCW）装置を用いて形成した2種類のMIS界面の電子物性を評価した。GaN表面をSCW装置により直接酸化した界面とさらにその上に堆積された絶縁膜との界面を観測した。
 成果は以下に示すとおりである。
 (1) 超臨界水処理を実施することで、GaN表面に酸化ガリウムを効率よく形成することができ、その結果を応用物理学会で発表した。具体的には、400度、30MPaの超臨界水処理で、ストイキオメトリに近い酸化ガリウムの形成を確認した。通常の熱酸化(800から900度、1から12 h)よりも低温かつ短時間(400度、15 min)でGaO_x層が形成された。
 (2) 原子層堆積法（ALD）を用いて、GaN表面に高品質の酸化アルミニウムを形成することに成功し、応用物理学会で発表した。その酸化アルミニウムとGaNの界面に高圧水蒸気処理を施すことで、界面準位と炭固定電荷を低減することができた。この理由は、高圧水蒸気処理を施すことで、酸素欠陥を回復させ、炭素などの不純物を除去できたことが挙げられる。

1版

9. 今後の研究の推進方策

最終年度は共同研究先の福井大学の葛原研究室の指導を受けながら、GaN MIS-HEMTを作製し、実デバイスから超臨界水処理の有効性について評価する。また、本処理のデバイスプロセスにおける最適順序についても検討する。最終的には伝達特性から閾値電圧の不安定性や電流コラプス現象を解消し、耐圧1.7 kV、最大出力1.2 A/mmの高出力AlGaIn/GaN HEMTの実現を目指す。作製された素子は、電気特性測定を中心に、界面の電子物性評価および信頼性評価を行い、本熱処理技術の効果を確認する。特に電流コラプスの評価には、過渡電流 (Current-Transient Methodology) 法を導入する。この方法は、ゲートに様々な周波数のパルスを加え、ドレイン電流減少時の時定数からトラップの深さを推定するものである。

10. 研究発表 (平成29年度の研究成果)

〔雑誌論文〕 計7件 (うち査読付論文 7件 / うち国際共著論文 0件 / うちオープンアクセス 0件)

1. 著者名 Jenichi Clairvaux, Mustunori Uenuma, Daiki Senaha, Yasuaki Ishikawa, Yukiharu Uraoka	4. 巻 111
2. 論文標題 Growth of InGaZnO nanowires via a Mo/Au catalyst from amorphous thin film	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 33104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.1063/1.4993745	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T. Ban, M. Uenuma, S. Migita, N. Okamoto, Y. Ishikawa, Y. Uraoka, I. Yamashita and S. Yamamoto	4. 巻 56
2. 論文標題 One-dimensional arrangement of nanoparticles utilizing the V-grooved and cage shaped Proteins	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 06GG11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.7567/JJAP.56.06GG11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T. Ban, S. Migita, M. Uenuma, N. Okamoto, Y. Ishikawa, Y. Uraoka, I. Yamashita, S. Yamamoto	4. 巻 56
2. 論文標題 Estimation of charge effects of ultrafine channel utilizing junctionless transistor with nanodot-type floating gate	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 03BB05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.7567/JJAP.56.03BB05	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D.Hishitani, M. Horita, Y.Ishikawa, H.Ikenoue, and Y.Uraoka	4. 巻 56
2. 論文標題 Solution-derived SiO ₂ gate insulator formed by Co ₂ laser annealing for polycrystalline silicon thin-film transistors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 56503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.7567/JJAP.56.056503	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 I.Raifuku, Y.Ishikawa, S.Ito, and Y.Uraoka	4. 巻 120
2. 論文標題 Characteristics of Perovskite Solar Cells under Low-Illuminance Condition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 18986-18990
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.1021/acs.jpcc.6b05298	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S.Yoshinaga, Y.Ishikawa, S.Araki, T.Honda, Y. Jiang, and Y.Uraoka	4. 巻 56
2. 論文標題 Numerical analysis of monocrystalline silicon solar cells with fine nanoimprinted texture surface	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 22301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.7567/JJAP.56.022301	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 J. Bermundo, Y.Ishikawa, M.N. Fujii, H.Ikenoue, and Y.Uraoka	4. 巻 110
2. 論文標題 H and Au diffusion in high mobility a-InGaZnO thin-film transistors via low temperature KrF excimer laser annealing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 133503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /10.1063/1.4979319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1 版

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Takuya Oshima, Kazuki Noguchi, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 RELATION OF ELECTROLUMINESCENCE INTENSITY AND POTENTIAL INDUCED DEGRADATION TEST TIME ON P-TYPE MONOCRYSTALLINE SILICON PHOTOVOLTAIC MODULE AND POTENTIAL INDUCED DEGRADATION TEST TIME ON P-TYPE MONOCRYSTALLINE SILICON PHOTOVOLTAIC MODULE
3. 学会等名 PVSEC-27 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Kobayashi, Takuya Oshima, Kazuki Noguchi, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 Consideration of Temperature Correction of Open Circuit Voltage Calculated from EL Intensity for Outdoor Measurement
3. 学会等名 The 27th Photovoltaic Science and Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jenichi Clairvaux Felizco, Mutsunori Uenuma, Daiki Senaha, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 Bimetal-catalyzed formation of InGaZnO nanowires from amorphous thin film
3. 学会等名 5th Nano Today Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mami N. Fujii, Hiromi Okada, Kenta Komori, Kazumoto Miwa, Shimpei Ono, Juan Paolo Bermundo, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 Interfacial Analysis of Ionogel Gated In ₂ Ga ₂ Zn ₁₀ 7 Thin Film Transistors
3. 学会等名 2017 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Juan Paolo Bermundo, Yasuaki Ishikawa, Mami N. Fujii, Chaayanan Kulchaisit, Hiroshi Ikenoue, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 Excimer laser annealing of solution-processed InZnO thin-film
3. 学会等名 MRS Fall 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chaayanan Kulchaisit, Juan Paolo Bermundo, Mami N. Fujii, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 Effect of UV/Ozone Treatment on Self-Aligned InZnO Thin-Film Transistors towards an All-Solution Process
3. 学会等名 MRS Fall 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunsuke Uchiyama, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka
2. 発表標題 DEVICE MODELING OF IRON PYRITE SOLAR CELL FOR HIGH CONVERSION EFFICIENCY
3. 学会等名 The 27th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

1 1. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2. 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 4. 備考

-