

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01702

研究課題名(和文) 室温でのレーザー励起結晶成長による特異な高濃度不純物ドーピングと新機能酸化物創製

研究課題名(英文) Room-temperature laser-induced fabrication of novel functional oxide thin films

研究代表者

吉本 護 (Yoshimoto, Mamoru)

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：20174998

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,500,000円

研究成果の概要(和文)：サファイア基板上Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系非晶質薄膜に対し室温で基板裏側から紫外パルスレーザーを照射して、n型およびp型不純物を添加したワイドギャップGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の室温結晶成長に成功し、構造・組成分析、電気・光学特性の評価を行った。TEM解析から室温結晶成長が薄膜/基板界面から起こることを見出した。さらに、p型Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>不純物としてのLiの膜中存在をSIMS解析から確認した。また、緩衝層(非晶質Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜/ZnO配向膜)付きのポリマー基板上的Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>非晶質薄膜表面へのレーザー照射により、ポリマー上に配向性Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>結晶薄膜を室温合成することに世界で初めて成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果の学術的意義としては、紫外レーザーを使った気相および固相の非平衡プロセスを駆使して、酸化物単結晶(エピタキシャル)薄膜工学において非常識な「室温合成」という全く新しい分野を開拓したことであり、高温成膜では合成しにくい準安定相の単結晶薄膜を合成し、新規な電磁氣的機能を有した酸化物薄膜の合成と新規電子デバイス創製につながる基礎的知見を得ることに成功したことが挙げられる。また社会的意義としては、環境に優しい、レーザーを使った低温プロセスの種々の可能性を見出し、今後重要な基幹電子部品と期待されるフレキシブルポリマー電子デバイス向けの酸化物薄膜の新規合成手法の提案が挙げられる。

研究成果の概要(英文)：The room-temperature crystal growth of wide-gap Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films with n- and p-type impurities was successfully achieved by irradiating amorphous Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films on sapphire substrates at room temperature from the backside of the substrates with UV pulsed laser. TEM analysis revealed that room-temperature crystal growth occurred at the thin film/substrate interface. Furthermore, the presence of Li as p-type Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> impurity in the film was confirmed by SIMS analysis. In addition, we succeeded for the first time in synthesizing an oriented Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> crystal thin film on a polymer sheet at room temperature by laser irradiation of the surface of an amorphous Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film on a polymer sheet with a buffer layer (amorphous Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film/ZnO oriented film).

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

研究分野：薄膜電子材料工学

キーワード：エキシマレーザー照射 固相エピタキシャル成長 PLD ワイドギャップ半導体 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ZnO 室温合成 超平坦基板

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

本研究では、レーザー励起薄膜堆積手法としてパルスレーザー堆積 (PLD) を適用する。固体原料のレーザー集光励起を利用する PLD 法の特徴は、化学気相堆積 (CVD) 法やスパッタリング法に比べて、10 倍～100 倍程高いエネルギーを持つ薄膜原料種を蒸発させることができる点にあり、低温での高品質な薄膜合成に適しており、1986 年の銅系酸化物高温超伝導体の発見以降、原料ターゲットと組成ずれがほとんどなく高品質な結晶性を持つ多成分系酸化物薄膜の合成プロセスとして数多く研究されている。その殆どは約 400℃以上の基板温度での膜合成である。我々はこれまでに、世界に先駆けて PLD 法に基板表面処理やプロセス最適化などの独自の工夫を加味して、酸化物や窒化物の単結晶性薄膜の室温合成に成功してきた。例えば、①CeO<sub>2</sub>//Si (Jpn. J. Appl. Phys. **34**(1995)L688)、②In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//Si (Thin Solid Films, **415**(2002)272)、③ZnO//Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Appl. Phys. Lett. **86**(2005)231911)、④AlN//Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (J. Mater. Res. **19** (2004)2725)、⑤NiO//Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Jpn. J. Appl. Phys. **49**(2010)108001)、⑥Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Jpn. J. Appl. Phys. **41**(2002)6534)、などを報告している。さらに、本研究で検討する室温下非平衡状態での不純物ドーピングや、準安定相の形成プロセスに関する国内外の研究例は殆ど無く、主流は中高温基板での膜合成であった。

一方、GaN、ZnO で代表されるワイドギャップ半導体のバンドギャップは約 3～4eV であるが、本研究で取り扱う Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のバンドギャップは AlN、ダイヤモンドと同様に 5～6eV となり、200～300nm あたりの深紫外発光に対応し、その単結晶薄膜は、紫外線発光素子や大電流パワート素子などの電子デバイス応用だけでなく、紫外線の高エネルギーを利用した殺菌効果や化学反応促進といった幅広い工学的応用が注目される。これまで Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の高温 (400℃以上) での合成研究が内外で報告されているが ( Jpn. J. Appl. Phys. **48**(2009)011605, Appl. Phys. Lett. **100**(2012)13504 など)、室温・大気下でのエキシマレーザーアニール (ELA) により世界で初めて加熱なしの室温で、非晶質膜のレーザー照射から Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶薄膜合成に成功した (Appl. Phys. Exp. **9**(2016)105502)。また、未だに不純物ドーピングによる Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の p 型化は国内外で成功していない。本研究では、室温下での PLD 成膜とポストレーザーアニール固相結晶化による不純物添加を経た種々の酸化物の準安定相形成と新機能材料の創製をめざした。

## 2. 研究の目的

未知の可能性が詰まった酸化物における「レーザー励起室温薄膜合成」という新奇なプロセスにより、非平衡構造を持つ新機能材料探索へのチャレンジは学術的にも工学応用の点でも重要であることから、本研究は、これまでの実験成果をベースにして低温準安定相を経る新材料合成プロセスの確立に留まらず、それを用いた新機能電子デバイス創製という目的達成をより確かなものにすべく実施する。従来の高温合成した結晶性酸化物薄膜の結晶相は熱力学的安定相が主となるのに対し、本研究では低温で抑制された原子拡散に由来して不純物を過剰にドーピングした準安定相の単結晶膜をレーザー励起気相プロセスやレーザー照射固相結晶化プロセスを適用して作製し、特異な特性 (磁性、導電性、発光特性など) を創発する新材料創製と新規電子デバイスを作製することを目的とする。

## 3. 研究の方法

研究目的を達成するために下記の研究方法・項目について実施した。

・PLD 室温成膜ルートによる物質合成：図 1 の PLD 装置を用いて酸化物系超平坦原子ステップ基板と緩衝層導入による PLD 室温成膜条件の検討を行う。

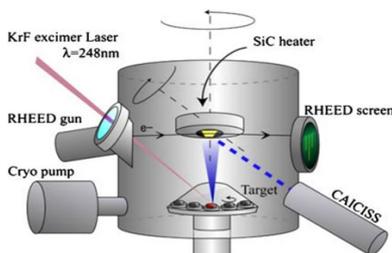


図 1 パルスレーザー堆積 (PLD) 装置図

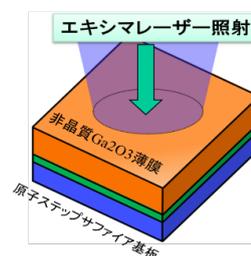


図 2 エキシマレーザー照射概略図

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnO などの電子機能性酸化物を母体として、異種原子価不純物原子を含有した焼結体を作製し、それらを固体原料ターゲットとして、単結晶性薄膜の室温付近での PLD 合成を試みる。次に、酸化物の非晶質膜表面に図 2 に示すレーザー照射を室温下で行い、固相エピタキシャル結晶化や新機能創出を検討する。得られた薄膜の構造を XRD や TEM 測定などに行い、電磁気的・光学的物性も評価した。

## 4. 研究成果

4-1. ポスト紫外レーザーアニリングによる非晶質 β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の固相エピタキシャル成長の原子レベル解析と微細構造評価

本研究では透過型電子顕微鏡(TEM)による $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のエピタキシャル成長の観察や、照射パルス数など ELA 条件が結晶性・配向性、表面モフォロジーに及ぼす影響について検討した。KrF エキシマレーザー ( $\lambda=248$  nm,  $d=20$  ns,  $1.5$  J/cm<sup>2</sup>) を用いたパルスレーザ堆積法により希薄 O<sub>2</sub> 中 ( $10^{-3}$  Pa)・室温(基板非加熱)で、NiO(111)緩衝層(膜厚 $\sim 5$  nm)と非晶質 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(膜厚 $\sim 70$  nm)を原子ステップ超平坦  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)基板上に堆積した。続いて前駆体である非晶質-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/NiO(111)/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)積層膜に対して、光子エネルギー約 5 eV 相当の波長をもつ KrF エキシマレーザー ( $0.25$  J/cm<sup>2</sup>) を大気中・室温・非集光で基板側から 500–1000 パルス照射し、ELA を行った。得られた薄膜について結晶配向性を X 線回折測定 (XRD) 及び反射型高速電子線回折 (RHEED) により評価し、表面形状を原子間力顕微鏡 (AFM) により観察した。

ELA 後の薄膜は XRD 測定より (-201) 配向していることがわかった。図 1 に示した 500 パルス照射した薄膜(膜厚 $\sim 30$  nm)の RHEED 像(図 3)では 6 回対称性の streak パターンが観察され、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> がエピタキシャル成長したことが分かった。図 4 に示した断面 TEM 像は膜厚 $\sim 70$  nm の薄膜に 500 パルス照射した結果であり、表面近傍の $\sim 30$  nm に残留非晶質領域がみられたが、1000 パルス照射した $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は表面まで結晶化していたことから、緩衝層界面から膜表面に向かってエピタキシャル成長したことが明らかとなった。

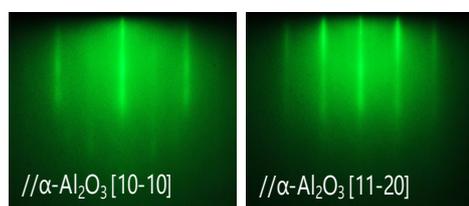


図 3 NiO (111)-緩衝層付き  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)基板上での ELA 後の  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の RHEED 像

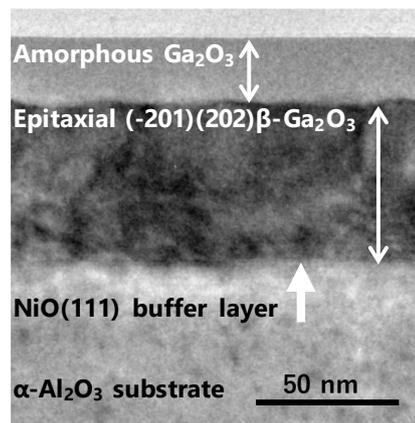


図 4  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜/NiO 緩衝層/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)の断面 TEM 像

#### 4-2. ポスト紫外レーザーアニールにより作製した不純物添加エピタキシャル Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の構造および特性評価

$\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、主に Sn<sup>4+</sup>といった 4 価イオンドーピングなどによる n 型半導体が報告されており、また Mg<sup>2+</sup>や Zn<sup>2+</sup>などの 2 価イオンドーピングによる p 型作製の研究もみられる。しかし、酸素空孔とドーパント補償などの要因から明確な p 型伝導には未だ至っていない。このことから、より低価数の Cu<sup>+</sup>ような 1 価イオンドーピングが検討されている。本研究では、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜への p 型指向の低価数ドーピングによる特性制御を目的とし、1 価イオンドーパントとして Li<sup>+</sup>に着目して ELA 固相エピタキシャル結晶成長と構造・特性への影響について検討した。

5at% Li-doped Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 非晶質前駆体薄膜を高真空下 PLD 法により、MgO (111)バッファ層(約 2 nm)を導入した原子ステップ C 面サファイア基板上に室温堆積した。次に、得られた前駆体薄膜に対して ELA を、非集光の KrF エキシマレーザー ( $0.175$  J/cm<sup>2</sup>) を 1250 パルス (5 Hz)、大気中・室温において基板裏面から照射して行った。図 5 は 5at% Li ドープ薄膜について ELA 前後の XRD パターンであり、ELA 前では、MgO(111)に由来するピークのみしかみられず、また右下 RHEED 像からも前駆体薄膜中の Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> がアモルファスであることが示された。一方、ELA 後では、 $\beta$  相結晶の (-201) 面直配向かつ面内 6 回対称性がみられたことから、5 at% Li-doped  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (-201) エピタキシャル 薄膜が得られた。図 6 は ELA 後の TOF-SIMS による深さ方向における元素分析の結果である。ELA 後においても薄膜中に Li の存在が確認され、ELA でドーパントの脱離が抑制されていることが示唆された。

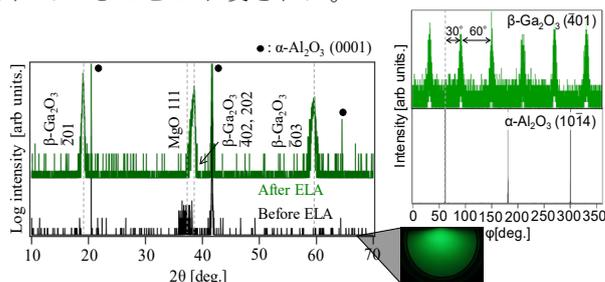


図 5 5at% Li-添加  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の XRD パターン ( $2\theta/\omega$ , 及び  $\phi$  スキャン) 及び RHEED 像 (ELA 前)

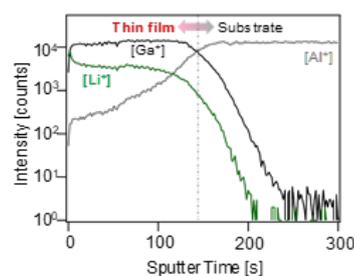


図 6 5at% Li-添加  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の ELA 処理後の TOF-SIMS プロファイル

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hiroyuki Morita, Takumi Matsushima, Kisho Nakamura, Kenta Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto	4. 巻 39
2. 論文標題 Solid-phase epitaxial crystallization of $\alpha$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> thin film by KrF excimer laser irradiation from backside of NiO (111)-buffered $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0001) substrate at room temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Vac. Sci. Technol. A	6. 最初と最後の頁 043414-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0000996	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 Tomoaki Oga, Shiori Yamada, Naho Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication of ultra-flat c-axis oriented ZnO thin films on atomically stepped cyclo-olefin polymer (COP) substrates by pulsed laser deposition at RT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. Vol.59[12] (2020) 128001	6. 最初と最後の頁 128001-1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abc65e	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 Subaru Nakanishi, Yoshiharu Shinozaki, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto	4. 巻 59
2. 論文標題 P-type amorphous vanadium oxide thin film fabricated by pulsed laser deposition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 078004-1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab9ef7	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 Satoru Kaneko, Takashi Tokumasu, Yoshimi Nakamaru, Chiemi Kokubun, Kayoko Konda, Manabu Yasui, Masahito Kurouchi, Musa Can, Shalima Shawuti, Rieko Sudo, Tamio Endo, Shigeo Yasuhara, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto	4. 巻 58
2. 論文標題 Construction of a lattice constant in an epitaxial magnesium oxide film deposited on a silicon substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. Vol.58 (2019)	6. 最初と最後の頁 SAAD06-1,06-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aaec11	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 Akifumi Matsuda, Yasuhisa Nozawa, Satoru Kaneko, and Mamoru Yoshimoto	4. 巻 480
2. 論文標題 Solid-phase epitaxy and pressure-induced topotaxy of the V02 and V203 thin films on sapphire using annealing under uniaxial compression	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 956, 961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2019.01.189	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 Okkyun Seo, Akhil Tayal, Jaemyung Kim, Chulho Song, Yanna Chen, Satoshi Hiroi, Yoshio Katsuya, Toshiaki Ina, Osami Sakata, Yuki Ikeya, Shiori Takano, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Tuning of structural, optical band gap, and electrical properties of room-temperature-grown epitaxial thin films through the Fe203:Ni0 ratio	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4309-1, 4309-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41049-9	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 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 大賀友瑛・宮崎尚・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 -Ga203単結晶へき開シード層を用いたポリマー基板上Zn0薄膜のエピタキシャル成長
3. 学会等名 第69回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 甲斐稜也・渡邊一樹・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 紫外レーザーアニールによるポリマー基板上 -Ga203高配向膜の作製
3. 学会等名 第69回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大賀友瑛・宮崎尚・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 へき開した -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (100)をシード層としたポリマー基板上での機能性酸化物薄膜のエピタキシャル成長
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoaki Oga, Naho Kaneko, Kenta Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto
2. 発表標題 Room-Temperature Growth of Ultra-Flat Transparent Conducting ZnO Thin Films on the Morphologically and Chemically Surface-Modified Polymer Substrates for Flexible Optoelectronics Devices
3. 学会等名 2021 MRS Spring/Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuki Watanabe, Ryoya Kai, Naho Kaneko, Shohei Hisatomi, Tomoaki Oga, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto
2. 発表標題 Excimer Laser Crystallization and Doping of Epitaxial Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Thin Films for Ultraviolet Optoelectronics Devices
3. 学会等名 2021 MRS Spring/Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 甲斐稜也・渡邊一樹・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 エキシマレーザーアニーリングを用いたポリマー基板上におけるGa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の固相結晶化
3. 学会等名 第82回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 表面修飾したシクロオレフィンポリマー基板上におけるZnO薄膜の高配向成長と特性評価
3. 学会等名 第82回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊一樹・甲斐稜也・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 室温でのパルスレーザー照射によるエピタキシャル -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の作製とドーピングの影響
3. 学会等名 第82回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊一樹・甲斐稜也・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 エキシマレーザーアニーリングによる不純物ドーパGa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の固相結晶化および特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 環状オレフィンポリマー基板への種々の表面修飾が及ぼすZnO薄膜の配向結晶成長への影響
3. 学会等名 第68回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金子健太・篠崎佳晴・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 真空紫外光(172 nm)照射によるPLD合成NiO薄膜の導電性への影響
3. 学会等名 第68回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊一樹・松島拓海・大賀友瑛・土嶺信男・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 紫外レーザーアニーリングによる種々の不純物をドーブした Ga2O3薄膜の固相結晶化と特性評価
3. 学会等名 第68回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松島拓海・渡邊一樹・大賀友瑛・土嶺信男・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 室温エキシマレーザーアニールによるスピネル基板上Ga2O3薄膜の固相エピタキシー
3. 学会等名 MRM Forum 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大賀友瑛・大島淳史・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 環状オレフィンポリマー基板表面への172nm真空紫外光照射が及ぼすZnO薄膜配向成長への影響
3. 学会等名 第81回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 生田貴大・久富翔平・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 一軸加圧熱処理による酸化チタン薄膜の固相結晶化と光学・導電特性変化
3. 学会等名 第81回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠崎佳晴・金子健太・土嶺信男・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 低温PLD合成Ni <sub>1-x</sub> FexO (111)エピタキシャル薄膜の磁気抵抗評価
3. 学会等名 第81回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松島拓海・渡邊一樹・大賀友瑛・土嶺信男・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 室温エキシマレーザー照射によるMgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 単結晶基板上でのGa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の固相エピタキシー
3. 学会等名 第81回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 生田貴大・堀松芳樹・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 Ti <sub>x</sub> O <sub>y</sub> 薄膜の一軸加圧熱処理による固相エピタキシーと構造・物性評価
3. 学会等名 第67回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大賀友瑛・大島淳史・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 COP基板におけるリピート熱ナノインプリントによる表面平坦化と導電性酸化物薄膜の堆積
3. 学会等名 第67回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠崎佳晴・中西昂・土嶺信男・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 低温PLD合成Ni <sub>1-x</sub> Fe <sub>x</sub> O(111)エピタキシャル薄膜の電気特性評価
3. 学会等名 第67回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松島拓海・森田公之・土嶺信男・金子智・松田晃史・吉本護
2. 発表標題 エキシマレーザー照射によるMgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 単結晶基板上でのGa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の固相結晶化と構造評価
3. 学会等名 第67回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森田・大賀・土嶺・金子・松田・吉本
2. 発表標題 パルスエキシマレーザー照射による -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の室温固相エピタキシーにおける結晶化過程の評価
3. 学会等名 第66回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀松・伊藤・土嶺・金子・松田・吉本
2. 発表標題 不純物ドーブ層状La-Ni-O系薄膜のPLD合成および構造・特性評価
3. 学会等名 第66回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中西・岩佐・金子・木村・松田・吉本
2. 発表標題 酸化バナジウム系非晶質薄膜の一軸加圧下熱処理と電気特性評価
3. 学会等名 第66回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池谷・土嶺・金子・S. Okkyun・坂田・松田・吉本
2. 発表標題 岩塩型Ni <sub>1-x</sub> Fe <sub>x</sub> O薄膜の室温エピタキシャル成長と特性評価
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤・堀松・土嶺・金子・松田・吉本
2. 発表標題 一軸加圧下熱処理による層状Li-Ni系エピタキシャル薄膜の構造制御
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森田・大賀・土嶺・金子・松田・吉本
2. 発表標題 アモルファスGa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜のエキシマレーザー照射による室温固相エピタキシーにおける作製因子の検討
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大賀・森田・池谷・土嶺・金子・松田・吉本
2. 発表標題 紫外エキシマ光/レーザー照射による Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の室温固相結晶化プロセスの検討
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀松・伊藤・難波・土嶺・金子・松田・吉本
2. 発表標題 一軸加圧下熱処理による層状La-Ni-O系薄膜の作製及び構造と特性評価
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中西・岩佐・金子・木村・松田・吉本
2. 発表標題 PLD法による酸化バナジウム系アモルファス薄膜の作製と熱電特性評価
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Matsuda, H. Morita, T. Oga, Y. Chen, O. Seo, O.Sakata, N. Tsuchimine, S. Kaneko, M. Yoshimoto
2. 発表標題 Solid-Phase Heteroepitaxy and Synchrotron Radiation Analyses of $\text{-Ga}_{203}$ Thin Films Fabricated by Room-Temperature Laser Processes
3. 学会等名 Materials Research Society(米国材料学会)Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京工業大学物質理工学院 吉本・松田研究室 <a href="http://www.yoshimoto.iem.titech.ac.jp/">http://www.yoshimoto.iem.titech.ac.jp/</a>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関