

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：57301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03921

研究課題名(和文) 新材料開発に適用可能な粉体スパッタリングプロセスの改善

研究課題名(英文) Improvement For Powder Sputtering Process Applicable For New Material Development

研究代表者

大島 多美子 (Ohshima, Tamiko)

佐世保工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授

研究者番号：00370049

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ZnOとAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の混合粉体ターゲットを用いてスパッタリング法によるAlドープZnO薄膜の作製を行い、(1)再現性の改善と(2)固体ターゲットと同程度の膜特性を得るための粉体ターゲットの改善を目的とした。主な成果としては、(1)成膜毎に新しいターゲットを使用し堆積時間を60分以内にする事でAZO薄膜作製の再現性を改善することができた。また、(2)粉体ターゲットをプレス機で圧縮し高密度を大きくすることによってAZO薄膜の光学的・電気的特性は固体ターゲットの他の文献値と同程度の特性が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スパッタリング法を用いた機能性薄膜作製に関する研究分野において、ターゲットを構成する元素の組合せや組成比を自由に設計し、それを実験的に確かめる上で、本研究の成果である粉体ターゲットを用いたスパッタリング成膜における再現性や固体ターゲットと同程度の品質を得るための改善方法は学術的意義を持つ。また本研究は、半導体、磁性体、蛍光体、強誘電体、熱電体等あらゆる分野における新材料の開発に 응용が可能で、更にマテリアルズ・インフォマティクスに必要な材料データベース拡張への寄与が期待できることから社会的意義を有する。

研究成果の概要(英文)：In the preparation of Al-doped ZnO thin films by sputtering using a mixed ZnO and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder target, the objectives were (1) to improve reproducibility and (2) to improve the powder target to obtain film properties equivalent to those of solid targets. The main results are as follows: (1) Reproducibility of AZO thin film fabrication was improved by using a new target for each deposition and keeping the deposition time within 60 minutes. (2) Optical and electrical properties of AZO thin films comparable to those of solid targets were obtained by compressing the powder target to increase its bulk density.

研究分野：プラズマエレクトロニクス

キーワード：粉体ターゲット スパッタリング 混合粉体 透明導電膜 AZO

### 1. 研究開始当初の背景

スパッタリング法は、大面積均一成膜が可能で且つ高性能膜が得られる成膜法として、研究開発から実際の製造ラインに至るまで幅広く利用されるなど、極めて重要な薄膜作製技術の一つである。スパッタリング法では、薄膜の母材となるターゲットに高密度の固体ターゲットが用いられており、これは原料粉末を高温で焼き固める焼結法により形成される。そのため、融点が高い有機材料では焼結ターゲットの作製が困難である。また、2つ以上の異なる元素を混合した多元素複合材料では、組成比を変化させるたびに新しい化合物ターゲットが必要になるため、1個あたりの使用効率は低く、またターゲットの作製には時間とコストがかかる。そこで、我々は原料粉末をそのままターゲットとして利用したスパッタリング法を提案し低融点有機材料や多元素複合材料について研究を行い、安価で容易な薄膜の作製を可能にした<sup>①②</sup>。しかし、粉体ターゲットを用いたスパッタリング成膜に関する報告例は非常に少ない。また、我々の研究においても再現性良く安定した成膜には至っていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、ZnO と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の粉末を混合させた混合粉体ターゲットを用いて、透明導電膜の代替材料として注目されている Al ドープ ZnO (AZO) 薄膜をスパッタリング法で再現性良く安定して作製するために、粉体ターゲットの作製方法やスパッタリング条件の最適化を行う。また、固体ターゲットと同程度の膜特性を得るために、粉体ターゲットの状態と堆積膜との関係を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) AZO 混合粉体ターゲットの作製手順を図1に示す。まず、ZnO (粒径 1 μm, 純度 99.99%) と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (粒径 1 μm, 純度 99.9%) の粉末を所望の混合比となるように電子天秤で秤量する。次に、メノウ乳鉢で軽く混合した後、自作の V 字型容器に入れ数時間回転させて混合する。その後、混合粉体をステンレス製のターゲットホルダーに充填し表面を平らにする。プレスが必要な場合は、プレス機で粉末を圧縮する。このように、数ステップで混合粉末ターゲットを作ることができ、粉末の重量比を変えることで混合比を自由に設定することができる。本研究では ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の重量比を 40:60~98:2 wt%、プレス圧の圧力を 0 (プレス無し)~9 t の間で変化した。



図1 混合粉体ターゲットの作製方法

(2) RF マグネトロンスパッタリング装置の概略図を図2に示す。下部に AZO 粉末ターゲット、上部に基板 (Si, sapphire) を配置し、スパッタアップ方式で実験を行った。また、スパッタリング条件は、RF 電力 100 W、Ar ガス圧力 0.3~38 Pa、ターゲット-基板間距離 50~68 mm とし室温で 30~120 分間成膜を行った。このように、通常の固体ターゲット使用時と同じ方法で成膜を行うことができる。作製した AZO 薄膜は、X 線回折装置、紫外可視分光光度計、高精度微細構造測定装置、ホール効果測定装置で評価した。

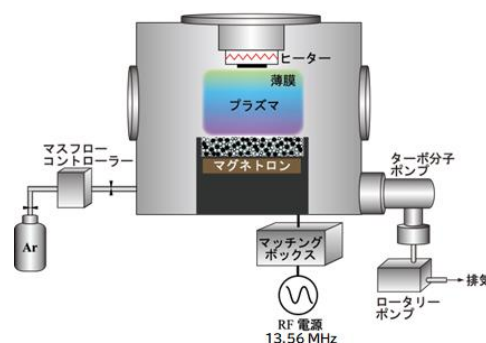


図2 RF スパッタリング装置

### 4. 研究成果

(1) ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=90:10 wt% の混合粉体ターゲットを用い堆積時間を変化させて AZO 薄膜の作製を行った。毎回新しいターゲットに交換して成膜を行う場合 (new powder) と交換しない場合 (used powder) に分けて比較し、粉体ターゲットの経時変化を調査した。図3には、new powder と used powder における AZO 薄膜の堆積速度を示す。堆積時間が長くなるに従い、new powder

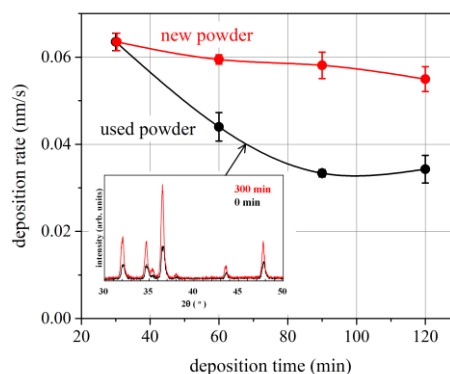


図3 AZO 薄膜の堆積速度

では堆積速度が徐々に減少しているのに対し、used powder では 30 分と 120 分の堆積速度が 2 倍程度異なっていることがわかった。used powder で堆積時間が 120 分のは 1 つの粉体ターゲットを 300 分間使い続けたことになる。そこで成膜を行う前と 300 分間使用した後の used powder について、挿入図に示す XRD 測定結果より 300 分後では回折ピーク強度が大きくくなっていることから、ターゲット表面の結晶性が変化することでスパッタリング率にも影響を与えていることが考えられる。

次に、AZO 薄膜の XRD 測定結果を図 4 に示す。堆積時間が 30 分では  $2\theta = 34^\circ$  付近に ZnO(002) 面からの回折ピークが観測された。しかし used powder では堆積時間が 60 分以降で(002)ピークが低角側にシフトし、ピーク強度の低下とピーク幅の広がりが観測された。低角側へのピークシフトは堆積膜が圧縮応力を受けていることを示しており、used powder では堆積時間が長くなり膜厚が増加してもピークシフトは緩和されていないことから圧縮応力を受け結晶歪が存在していることがわかった<sup>③-⑤</sup>。new powder では、毎回新しい粉体ターゲットを使用することから全ての堆積時間で(002)ピークが観測されるが、堆積時間が 90 分より長くなると(002)ピークに加えて used powder で現れた低角側のピークも観測されるようになった。また、堆積時間が 60 分の回折ピークも非対称で低角側の裾が広がる形状をしていることから、粉体ターゲットの状態が変化し始めていることが示唆される。よって、結晶歪のない AZO 薄膜を作製するためには堆積時間を 60 分以下にすることが重要である。

また、図 5 に示す紫外可視光透過スペクトルより used powder では堆積時間の増加に伴い透過率が低下した。これは実際の堆積膜の写真を見てもわかるように、堆積時間が長くなるに従い黒褐色の薄膜が堆積した。本実験は Ar ガスのみで  $O_2$  ガスを導入していないため、混合粉体ターゲット表面に Ar イオンが衝突すると酸素原子が選択的にスパッタ放出され、ターゲット表面は Zn リッチの状態となる<sup>⑥</sup>。そのため、膜中でも酸素が不足し着色したものと考えられる。new powder では used powder に比べて透過率の低下は改善されたが、堆積時間が 90 分以降で薄膜の着色がはっきりと確認された。

(2) AZO 混合粉末をステンレス製のターゲットホルダーに充填し表面を平らにした後、プレス機でプレス圧の圧力を 0 (プレス無し) ~ 9 t まで圧縮させた。作製した粉体ターゲットの嵩密度は、ターゲットホルダー内の粉末の質量と体積から算出した。図 6 に、圧縮圧力と嵩密度の関係を示す。ターゲットの嵩密度は、圧力に比例して増加した。

図 7 は、sapphire 基板上に堆積させた AZO 薄膜の膜厚と堆積時間 (60 分) から算出した堆積速度をターゲットの嵩密度毎にプロットしたものである。ターゲット密度が大きくなるにつれて堆積速度は増加するが、次第に飽和している。理論密度の 96% を有する AZO 固体ターゲットを用いて本研究とほぼ同条件で作製された AZO 薄膜の堆積速度は 11.4 nm/min であり、本研究で得られた最大の堆積速度は、固体ターゲットの約半分であった<sup>⑦</sup>。

図 8 は、sapphire 基板上に堆積させた AZO 薄膜の XRD 測定結果である。図より、ZnO(002) および(004)の回折ピークが観察され、基板に垂直な c 軸配向の六方晶ウルツ鉱型構造を有す

堆積時間が 30 分では  $2\theta = 34^\circ$  付近に ZnO(002)

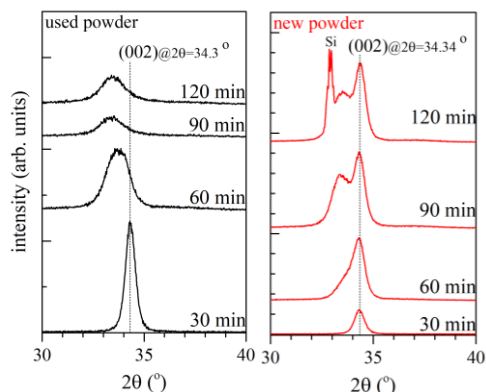


図 4 AZO 薄膜の XRD パターン

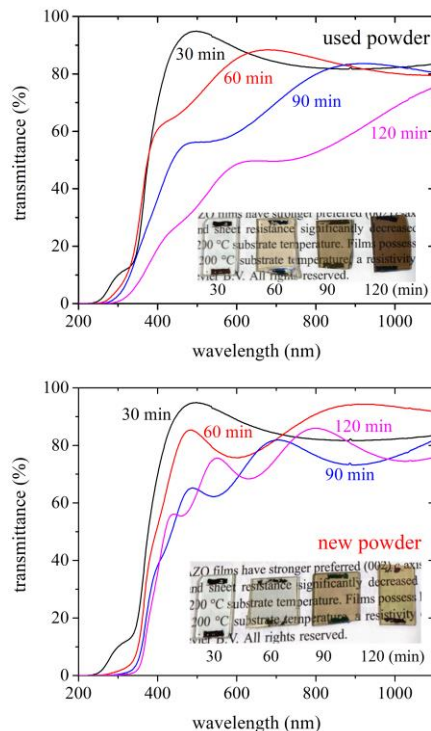


図 5 AZO 薄膜の紫外可視光透過スペクトル

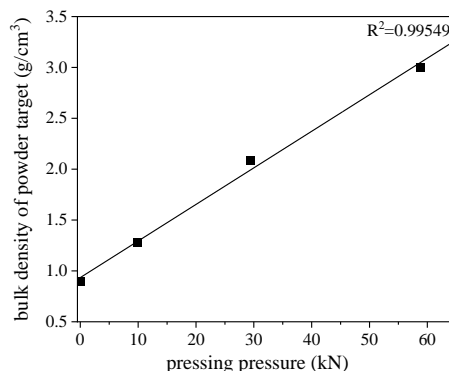


図 6 作製した粉体ターゲットのプレス圧力と嵩密度の関係

る。さらに、XRD ピーク強度を Si と sapphire で比較すると ZnO (002) のピークは Si よりも sapphire 基板の方が大きく、シャープなピークとなっている。

sapphire 基板の上に堆積させた AZO 薄膜は、図 9 の挿入写真で示すように透明であり下地の文字が確認できた。また、粉末ターゲットの嵩密度の大きさによらず全ての AZO 薄膜で可視領域 (波長  $\lambda = 380 \sim 780$  nm) の紫外可視光透過スペクトルは 80% を超えた。ここで、嵩密度が  $0.898 \text{ g/cm}^3$  の AZO 薄膜では膜厚が薄いため紫外領域 ( $\lambda < 380 \text{ nm}$ ) 付近の光透過率が完全に光を遮断していない<sup>⑧</sup>。

図 10 は、sapphire 基板の上に堆積させた AZO 薄膜の抵抗率、キャリア密度、ホール移動度をホール効果測定で調べたものである。全ての AZO 薄膜で n 型伝導性を示した。また、粉末ターゲットの嵩密度が高くなるにつれて、抵抗率は低下し、キャリア密度とホール移動度は増加した。図より、粉末ターゲットの嵩密度が  $3.00 \text{ g/cm}^3$  のときに最も低い抵抗率が得られ  $1.4 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  となった。この抵抗率が得られた AZO 薄膜の膜厚は  $372 \text{ nm}$  であり、固体ターゲットを用いて作製された膜厚  $300 \text{ nm}$  の AZO 薄膜の抵抗率が  $1.5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  であることから、固体ターゲットと同等の電気特性を有する AZO 薄膜を作製することができた<sup>⑨</sup>。

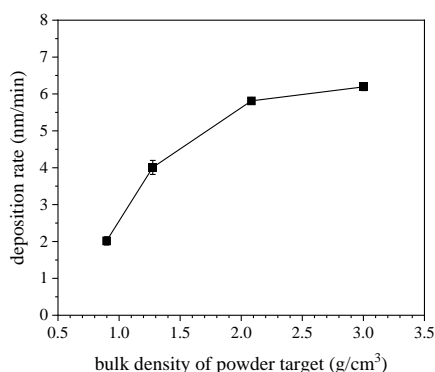


図 7 堆積速度

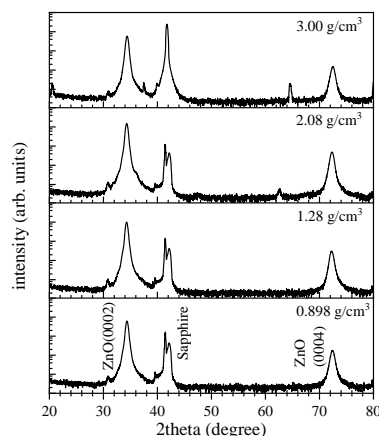


図 8 XRD パターン

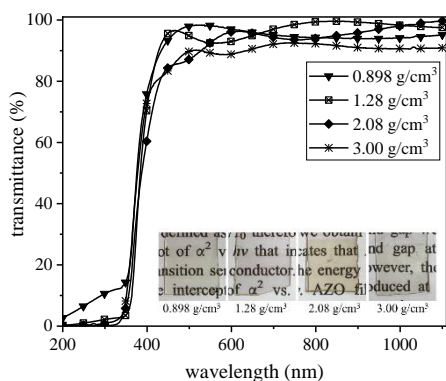


図 9 紫外可視光透過スペクトル

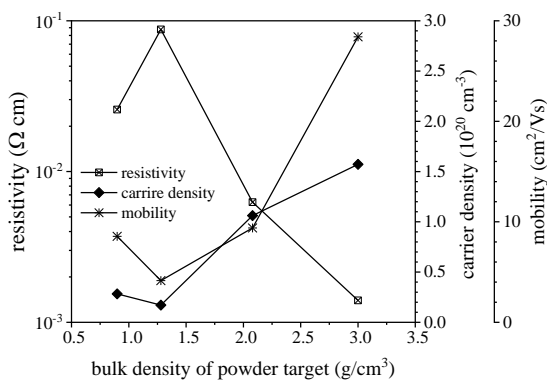


図 10 ホール効果測定結果

#### <引用文献>

- ① H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyū, T. Ihara, R. Tanaka and Y. Suda, "Preparation of tris(8-hydroxyquinolino)aluminum thin films by sputtering deposition using powder and pressed powder targets", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 56, 06HE01(4pages) (2017).
- ② H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyū, T. Ihara, M. Shinohara, Y. Suda, "Preparation of metal doped SiO<sub>2</sub> films by magnetron sputtering deposition using metal oxide mixture powder target", Trans. Mat. Res. Soc. Japan, Vol. 43(1), pp.27-30 (2018).
- ③ K.G. Girija, Shaheera M. and K. Somasundaram, "Correlating the properties of RF sputtered ZnO nanocrystalline films deposited using sintered and powder targets", Nano-Structures & Nano-Objects 26, 100758 (2021).
- ④ J.R.R. Bortoleto, M. Chaves, A.M. Rosa, E.P. DaSilva, S.F. Durrant, L.D. Trino and P.N. Lisboa-Filho, "Growth evolution of self-textured ZnO films deposited by magnetron sputtering at low temperatures", Appl. Surf. Sci. 334, pp.210-21 (2015).
- ⑤ B.L. Zhu, S.J. Zhu, J. Wang, J. Wu, D.W. Zeng and C.S. Xie, "Thickness effect on structure and properties of ZAO thin films by RF magnetron sputtering at different substrate temperatures", Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 43(9),

pp. 1738-1745 (2011).

- ⑥D.K. Kim and H.B. Kim, "Room temperature deposition of Al-doped ZnO thin films on glass by RF magnetron sputtering under different Ar gas pressure" , J. Alloys Compd. 509(2), pp. 421-425 (2011).
- ⑦P. R. Kalvani, S. Shapouri, A. R. Jahangiri and Y. S. Jalili, "Microstructure evolution in high density AZO ceramic sputtering target fabricated via multistep sintering," Ceram. Int., vol. 46, pp. 5983-5992 (2020).
- ⑧X.L. Zhang, K.S. Hui and K.N. Hui, "High photo-responsivity ZnO UV detectors fabricated by RF reactive sputtering," Mater. Res. Bull., vol. 48, pp. 305-309 (2013).
- ⑨S. Rahmane, M.A. Djouadi, M.S. Aida, N. Barreau, B. Abdallah and N.H. Zoubir, "Power and pressure effects upon magnetron sputtered aluminum doped ZnO films properties," Thin Solid Films, vol. 519, pp. 5-10 (2010).



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Kazuhiko Mitsuhashi, Hiroshi Nishiguchi, Yoshiaki Suda	4. 巻 61(SA)
2. 論文標題 Preparation of functional thin films with elemental gradient by sputtering with mixed powder targets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SA1019-1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ac1488	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 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, and Yoshiaki Suda	4. 巻 60
2. 論文標題 Preparation of Multielements Mixture Thin Film by One-Step Process Sputtering Deposition Using Mixture Powder Target	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 48-52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TPS.2020.3025306	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 Hiroharu Kawasaki, Hiroshi Nishiguchi, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, and Takeshi Ihara	4. 巻 60
2. 論文標題 Preparation of Ni-doped stainless steel thin films on metal to prevent hydrogen entry via sputter deposition with a powder target	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SAAB10-1~10-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/abba10	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36件（うち招待講演 2件/うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Tamiko Ohshima, Hiroharu Kawasaki, Yusuke Hibino, Takahiko Satake, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani
2. 発表標題 Preparation of Al-Doped Zinc Oxide Thin Films Using Mixed Powder Targets with Different Bulk Densities Preparation of Al-Doped Zinc Oxide Thin Films Using Mixed Powder Targets with
3. 学会等名 15th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/16th International Conference on Plasma-Nano Technology&Science(ISPlasma2023/IC-PLANTS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Takahiro Satake, Yoshiaki Suda
2. 発表標題	Trial of Elemental Gradient Functional Thin Films Preparation by Sputtering with Mixed Powder Targets
3. 学会等名	15th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/16th International Conference on Plasma-Nano Technology&Science(ISPlasma2023/IC-PLANTS2023) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Tamiko Ohshima, Yusuke Hibino, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu, Takahiko Satake, Hiroharu Kawasaki, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani
2. 発表標題	Preparation and characterization of Al-doped zinc oxide thin films by mixed powder targets with different states
3. 学会等名	7th Intranational Conference on Advances in Functional Materials(AFM2023) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Takahiko Satake
2. 発表標題	Sputtering Deposition Using Several Kinds of Mixture Powder Targets For Elemental Gradiented Functional Thin Film
3. 学会等名	7th Intranational Conference on Advances in Functional Materials(AFM2023) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Tamiko Ohshima, Hiroharu Kawasaki, Yusuke Hibino, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu, Takahiko Satake, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani
2. 発表標題	Preparation of Thin Films By Sputtering Method Using Powder Targets of Different Densities
3. 学会等名	第32回日本MRS年次大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Yoshiaki Suda
2. 発表標題 Preparation of elemental gradient functional thin films by using mixture powder targets III
3. 学会等名 第32回日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大島多美子, 猪原武士, 日比野祐介, 城野祐生, 中島寛
2. 発表標題 産学官と高専機構が連携した「半導体人材育成事業」とプラズマ技術教育
3. 学会等名 第39回プラズマ・核融合学会年会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士, 日比野祐介, 佐竹卓彦
2. 発表標題 粉体ターゲットプラズマプロセスを用いた傾斜機能性薄膜の作製II
3. 学会等名 第39回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大島多美子, 猪原武士, 日比野祐介, 城野祐生, 前田貴信, 渡辺哲也, 中島 寛
2. 発表標題 高専における半導体人材育成教育の取り組み(1)
3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士, 日比野祐介, 佐竹卓彦, 青木 振一
2. 発表標題 粉体ターゲットプロセスによるFe, Ti混合傾斜機能性膜の作製
3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamiko Ohshima, Hiroharu Kawasaki, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani
2. 発表標題 Thin Film Formation and Phenomenon of Sputtering by Using Powder Target
3. 学会等名 AAPPS-DPP2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamiko Ohshima, Yusuke Hibino, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu, Takahiko Satake, Hiroharu Kawasaki, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani
2. 発表標題 Al-Doped Zinc Oxide Thin Films Deposition with Mixed Powder Targets by Sputtering
3. 学会等名 ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamiko Ohshima, Sana Tasaki, Yusuke Hibino, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu, Hiroharu Kawasaki, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, Yoshiaki Suda
2. 発表標題 Preparation of High-Quality Zinc Oxide Thin Films by Pulsed Laser Deposition
3. 学会等名 Material Research Meeting2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamiko Ohshima, Yusuke Hibino, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu, Hiroharu Kawasaki, Yoshiaki Suda, Takahiko Satake, Shin-ichi Aoqui, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani
2. 発表標題 Improvement of Al-doped Zinc Oxide Thin Film Deposition Conditions by Sputtering Method Using Powder Target
3. 学会等名 Material Research Meeting2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大島多美子、日比野祐介、猪原武士、柳生義人、佐竹卓彦、川崎仁晴、青木振一、板垣奈穂、古閑一憲、白谷正治
2. 発表標題 異なる状態の混合粉末ターゲットによる Alドーブ酸化亜鉛薄膜のスputtering堆積
3. 学会等名 第39回プラズマプロセス研究会 / 第34回プラズマ材料科学シンポジウム (SPP-39/SPSM34)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Muramoto, Hiroshi Nishiguchi, Ohshima Tamiko, Kawasaki Hiroharu
2. 発表標題 Hydrogen Entry State of Coating Material Using Sputtering Method
3. 学会等名 ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Takahiko Satake
2. 発表標題 Trial of Elemental Gradient Functional Thin Films Preparation by Sputtering with Mixed Powder Targets I
3. 学会等名 ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiko Satake, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Hiroharu Kawasaki, Sin-ichi Aouki
2. 発表標題 Multi-Elements Mixture Thin Film Preparation Process by Sputtering Deposition Using Mixture Powder Target I
3. 学会等名 ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎 仁晴、須本 航輝、鷺淵 梨花、大島 多美子、柳生 義人、猪原 武士、日比野 祐介
2. 発表標題 粉体ターゲットプラズマプロセスによる傾斜機能性膜の作製I
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 川崎仁晴、大島多美子、柳生義人、猪原武士、日比野祐介、佐竹卓彦
2. 発表標題 粉体ターゲットプラズマプロセスを用いた傾斜機能性薄膜の作製
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yoshiaki Suda, Yusuke Hibino
2. 発表標題 Preparation of Elemental Gradient Functional Thin Films by Using Mixture Powder Targets
3. 学会等名 Material Research Meeting2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sana Tasaki, Tamiko Ohshima, Hiroharu Kawasaki, Yusuke Hibino, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu
2. 発表標題 Fabrication of High-Quality Zinc Oxide Thin Film by Pulsed Laser Deposition
3. 学会等名 Material Research Meeting2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 戸水雄斗、大島多美子、日比野祐介、猪原武士、柳生義人、川崎仁晴
2. 発表標題 スパッタリング法を用いた積層構造を有する光学薄膜の作製
3. 学会等名 2021年(令和3年度) 応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 仁晴、大島 多美子、柳生 義人、猪原 武士、日比野 祐介、佐竹 卓彦、青木 振一
2. 発表標題 粉体ターゲットプロセスによるFe, Ni, Ti混合傾斜機能性膜の作製
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 吉岡 涼, 江角 卓哉, 市川 和典, 大島 多美子
2. 発表標題 グラフェンの合成技術を応用したNiCO <sub>3</sub> /Si PN接合ダイオードの特性評価
3. 学会等名 第17回薄膜材料デバイス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 持田 一輝, 市川 和典, 赤松 浩, 大島 多美子
2. 発表標題 Ni板に直接合成したグラフェンショットキーダイオードの特性評価
3. 学会等名 第17回薄膜材料デバイス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 経種 海斗, 市川 和典, 赤松 浩, 大島 多美子
2. 発表標題 熱CVDによる鉄板上へのグラフェンの直接合成と腐食防止効果
3. 学会等名 第17回薄膜材料デバイス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 猪原 武士, 柳生 義人, 大島 多美子, 川崎 仁晴
2. 発表標題 気液混相流内ナノ秒パルス放電を用いた水素生成における生成エネルギー効率
3. 学会等名 2020年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村将樹, 大島多美子, 川崎仁晴, 西山健太郎, 柳生義人, 猪原武士
2. 発表標題 ZnOとAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> の混合粉末を用いた透明導電薄膜のスパッタリング成膜
3. 学会等名 第10回高専-TUT太陽電池合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士, 西口廣志
2. 発表標題 Ni をドーブした金属表面への水素侵入防止膜の作製
3. 学会等名 第 38 回 プラズマプロセッシング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川 和典, 大島 多美子, 谷藤 尚貴
2. 発表標題 島根県宍道湖産しじみの貝殻のコンデンサ応用
3. 学会等名 第26回高専シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 持田 一輝, 市川 和典, 赤松 浩, 大島 多美子
2. 発表標題 NiCO <sub>3</sub> /グラフェンPN接合ダイオードの酸素依存性
3. 学会等名 第26回高専シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森岡璃久, 市川和典, 赤松浩, 大島多美子, 葉文昌
2. 発表標題 Cu/Ni <sub>3</sub> N接合を用いたショットキーダイオード特性評価
3. 学会等名 第26回高専シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江角 卓哉, 吉岡 涼, 市川 和典, 大島 多美子
2. 発表標題 Ni炭化物半導体ヘテロ接合型PN接合ダイオードの物性評価
3. 学会等名 第26回高専シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大島 多美子, 川崎 仁晴, 柳生 義人, 猪原 武士, 須田 義昭
2. 発表標題 粉体ターゲットを用いたスパッタリング成膜 による材料探索範囲拡大への可能性
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 仁晴, 大島 多美子, 柳生 義人, 猪原 武士, 篠原 正典
2. 発表標題 粉体ターゲットによる2次元薄膜の作製
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 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 プラズマ材料表面処理技術の動向調査専門委員会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 電気学会	5. 総ページ数 72
3. 書名 電気学会技術報告第1546号「プラズマ材料表面処理技術の最新動向」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



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
研究協力者	川崎 仁晴  (Kawasaki Hiroharu)	佐世保工業高等専門学校・電気電子工学科・教授  (57301)	

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