

令和 2 年 4 月 9 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06996

研究課題名(和文) プラズマ熱・粒子負荷が対向壁へ及ぼす新しい効果

研究課題名(英文) New Effects of Plasma Heat and Particle Loads on Plasma-Facing Wall

研究代表者

高村 秀一 (Takamura, Shuichi)

愛知工業大学・総合技術研究所・教授

研究者番号：40023254

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：定常あるいはパルス状のプラズマ熱・粒子負荷がプラズマ対向壁に及ぼす新しい重要な効果について、磁場閉じ込め核融合ダイバータ・プラズマの冷却ひいては壁表面への熱負荷軽減に不可欠とされるネオン(Ne)窒素(N₂)並びに核融合生成物であるヘリウム(He)も加えて、主としてタングステン(W)材料表面に及ぼす効果が調べられ、それらに付随する新しい諸々の物理過程解明も含めて研究を展開した。Neでは微小皺構造、N₂では温度域において異なる窒化物表面ナノ構造とプラズマ中に粒子排気の障害となるNDラジカルの生成を、そしてHeにおいては既知のファズ・ナノ構造の複雑性をX線回折より解き明かした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境に適応したエネルギー源の候補の一つとしての核融合炉実現には多くの課題があるが、本研究は健全な炉実現に必要な炉壁への熱・粒子負荷にかかわる問題を、放射冷却に必要な注入ガス(ネオンと窒素)と反応生成物(ヘリウム)に注目して行った。皺構造形成、窒化物生成や繊維状ナノ構造の複雑性などに関して学術の向上に、また核融合研究開発に貢献した。

研究成果の概要(英文)：Important new effects of stationary or pulsed plasma heat and particle loads on plasma-facing wall, especially tungsten materials, in magnetically confined fusion plasmas were studied in a linear plasma device for a variety of radiative impurity species, such as neon (Ne) and nitrogen (N₂), and moreover helium (He) as a fusion product. A high-temperature tungsten surface irradiated by Ne was found to make a microwrinkle due to buckling process. In the case of N₂, tungsten nitride nanostructures on tungsten surfaces were found, depending on the surface temperature, while ND radical as a precursor of deuterated ammonia formation was found in the plasma. Ammonia would be considered to make a worry on vacuum pumping. Concerning He effect, the origin of fuzz-fibers complexity were discussed in terms of crystal grain-surface distribution measured with a capillary X-ray diffraction for fuzz powder.

研究分野：磁場閉じ込め核融合におけるプラズマ 壁相互作用

キーワード：プラズマ・核融合 タングステン材料 皺構造 放射冷却 窒化タングステン ファズ ナノ繊維構造の複雑性

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

磁場閉じ込め核融合炉を見据えて、未燃焼燃料ガスや核融合生成物 (He) の排気等の役割を果たす磁気ダイバータは極めて重要な炉構成要素である。しかし経済的な炉の実現にはコンパクトで核融合出力が大きいことが望まれる。そのためダイバータ壁への熱・粒子負荷が異常に大きくなる。特に、熱に対する対策として、上流のダイバータ・プラズマやスクレープオフ層 (SOL) における放射冷却を格段に強め、炉壁全体でその熱を受け止める事が重要である。熱放射のために投入される不純物としてネオン (Ne) と窒素 (N₂) が有望視されながら、壁表面の W 材料と炉の両立性やプラズマ壁相互作用 (PSI) に関する知見は限られている。ダイバータ模擬のための高密度・高熱流プラズマによる照射は再結合プラズマ生成過程の研究などに限られていた。W ファズをもたらすことで良く知られている He と併せて、上記の不純物を有する本格的 PSI 過程に関する学術的取り組みが求められていた。

2. 研究の目的

燃料粒子である重水素 (D) と放射不純物 Ne や N₂ との混合ガスの高熱流・高粒子束プラズマを生成し、W 材料表面に照射する。その際、シースを介して流入するイオンのエネルギーと W 表面温度を制御する。表面形態を表面温度やイオンエネルギーの関数として明らかにする。また、プラズマ中の粒子組成にも注意を払う。He に関してはファズ形成に関する膨大な研究がある中で、ファズの結晶性と繊維形状の複雑性を明らかにする。その他、プラズマ運動量の対向壁に及ぼす効果や産業応用面にも注意を払う。

3. 研究の方法

既存のプラズマ発生装置 AIT-PID において、重水素・不純物混合ガスを導入し、直流放電により高熱流プラズマを生成する。主として、粉末冶金 W (PM-W) を、水冷却試料ホルダーに電気絶縁人造マイカシートを介して設置し、試料背後にシース付き R 型熱電対で温度監視を行うと共にバイアス電圧によるイオンエネルギー制御を行う。He 照射においては重水素の影響が少ないことがわかっているので、純 He ガスを用いた。表面形態観察には電界放出型走査電顕 (FE-SEM) を用い、He 効果に関しては電顕と X 線回折を併用した。N-D 混合プラズマ中の粒子組成については分光法を採用した。

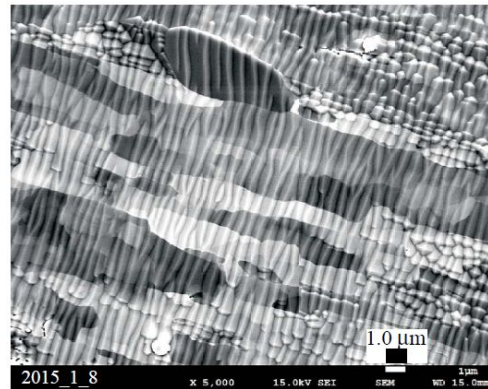


図1 Ne プラズマ照射された PM-W 箔 (10×15×0.015 mm) の表面形態。表面温度 1500 K、Ne⁺ の入射エネルギー 45 eV。重水素を含むイオン粒子束 3.6×10²¹ m⁻²s⁻¹、フルーエンス 2.6×10²⁵ m⁻²。この場合、皺の方向は結晶粒塊を横切って生成されている。

4. 研究成果

(1) 放射用混合ガスが Ne の場合

放射不純物種として有望な Ne と N₂ において、前者は炉における電子温度の高い SOL の冷却に適合し、N₂ はやや温度の低い ITER クラスの実験炉 SOL において有効であると考えられている。Ne を含む重水素プラズマ照射が W 表面にもたらす典型例を図 1 に示す。サブミクロンのピッチを持つ皺構造であった。ピッチは表面温度に依存し、図 2 に示すように、Ne が熱運動で内部へ拡散し、固い表面層を作り、内部の相対的に柔らかい層の二重構造に冷却時の圧縮力が加わると座屈するというモデルで説明した。このような皺構造はモリブデン (Mo) でも観測され、He-W 系では表面にバブル/ホールができる高温域でも発生する。このように皺構造は ELM (Edge Localized Mode) などの熱パルスの襲来によって、クラック等の損傷の前駆過程となり得るので注意が必要である。

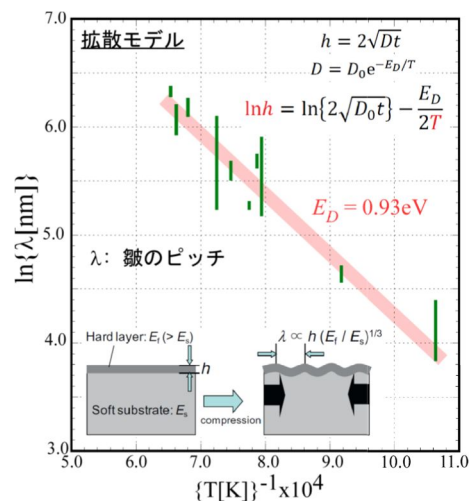


図2 皺のピッチλと試料温度 T の間のアレニウスプロット。図中、下の挿入図は座屈モデルであり、 E_i と E_s はそれぞれ表面の固い層とバルクの相対的に柔らかい領域のヤング率である。上部に挿入された式は Ne 原子が熱拡散によって W 内部に入っていく拡散層の厚み h と試料温度の関係を表わし、 E_D はその移動のための活性化エネルギーを示す。データを直線近似すると $E_D = 0.93 \text{ eV}$ を得る。

(2) 放射用混合ガスが N₂ の場合

窒素原子は不活性ではないため、まず化学的作用に注意を払わなければならない。窒素分子が解離してできた NI 発光 (742.4, 744.2, 746.8 nm) 更には分子イオン N₂⁺ (B₂Σ_u⁺ - X₂Σ_g⁺) からの発光が検出された。最も注意すべきことは図 3 に示すように ND ラジカルの強い発光 (~336 nm) が認められたことである。これはクライ

オパネルでの排気に支障をきたすアンモニアの先駆体である。

W 表面形態は表 I に示すように高温 (1000 ~ 1500 K) と低温 (700 ~ 900 K) とに大きく分けられる。図 4 (a) と (b) は低温におけるナノ構造を示すもので、熱パルスによる W の蒸発助長を生むかもしれない。しかし、He によるファズの様な高速成長は認められない。

(3) He による W ファズの結晶性と構造複雑性

W ファズの成長初期過程に関する研究は豊富であるが、十分成長したファズ繊維群の構造複雑性を論ずる研究は少ない。本研究では、まず高倍率電顕を用いたファズの直接観察により、図 5 に示すようにファズの折れ曲がり境界において結晶面のとびがあることを認めた。ファズをかき集めてガラス・キャピラリーに封入し、図 6 (a) に示すように、基板の影響を受けない X 線回折を行うことにより、熱力学的に平衡な相 W の結晶面回折強度分布と、特に高次モードにおいて図 6 (b) に示すように一致することが見出された。K. Wang 達 が論じているように、ファズ繊維の折れ曲がりとは異なる結晶面の境界で起こることと、熱力学的に平衡な、豊富な高次の結晶面の存在がファズ繊維の複雑性をもたらすと結論付けた。

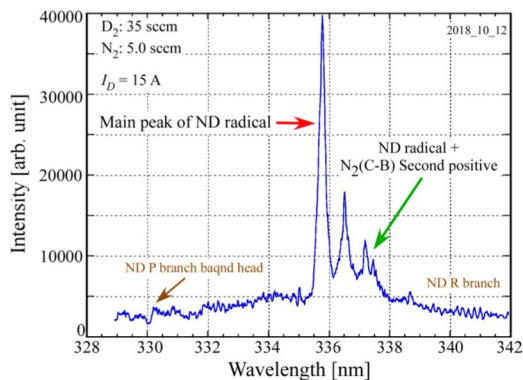
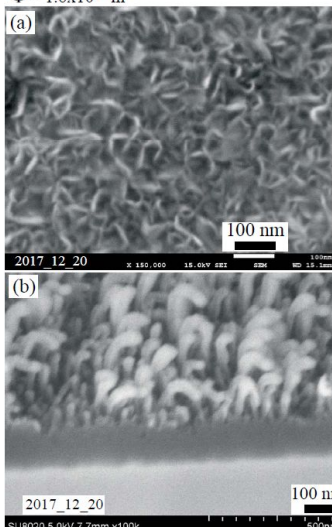


図 3 重水素 窒素混合ガス放電プラズマからの紫外域放射分光スペクトル。中性窒素分子スペクトル (C³Π-B³Π) に加えて、強い ND ラジカルからの発光が認められる。

表 I W への重水素 窒素混合ガス放電プラズマ照射結果を、表面形態の異なる四つの温度領域でまとめた。

温度領域	表面色	表面形態	WN 信号強度 (XRD)	イオンエネルギー E, 粒子束 Γ, フルーツ Φ
I 1300 ~ 1500 K	金属的	微小ピッチ皺構造 pitch λ = 150~200 nm	-	E = 30 ~ 45 eV Γ ~ 3 × 10 ²¹ m ⁻² s ⁻¹ Φ ~ 2 × 10 ²⁵ m ⁻²
II ~ 1000 K	金属的	鱗状ナノ構造 ≧ 100 nm	微弱	E ~ 30 eV Γ ~ 2 × 10 ²¹ m ⁻² s ⁻¹ Φ ~ 1.5 × 10 ²⁵ m ⁻²
III 800 ~ 900 K	褐色気味	髭/立ち木状 長さ ~ 100 nm, 直径 数十 nm	-	E ~ 45 ~ 55 eV Γ ~ 5 × 10 ²¹ m ⁻² s ⁻¹ Φ ~ 4 × 10 ²⁵ m ⁻²
IV 700 ~ 800 K	青みがかった色	ループ/フック状 ナノ構造	W ₂ N, WN ₂	E = 45 ~ 55 eV Γ = 2~3 × 10 ²¹ m ⁻² s ⁻¹ Φ ~ 2 × 10 ²⁵ m ⁻²

(a), (b): T = 700 K, bluish in surface color
D₂ (35 sccm) + N₂ (5 sccm) → PM-W
E = 55 eV, Γ = 2.1 × 10²¹ m⁻²s⁻¹,
Φ = 1.6 × 10²⁵ m⁻²



(c), (d): T = 870 K, brownish in surface color
D₂ (32.5 sccm) + N₂ (7.5 sccm) → PM-W
E = 55 eV, Γ = 5.0 × 10²¹ m⁻²s⁻¹,
Φ = 3.6 × 10²⁵ m⁻²

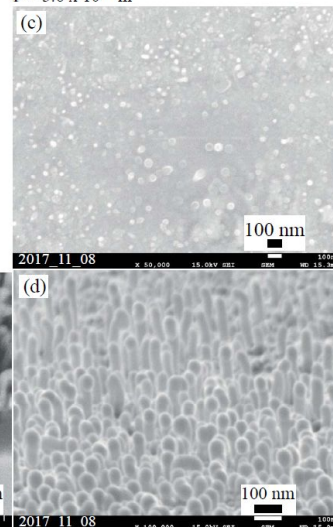


図 4 重水素 窒素混合プラズマ照射によって変質した PM-W 表面ナノ構造。(a)(b)700 K、(c)(d)870 K、(a)(c)上面観察画像、(b)(d)表面に沿った斜め観察画像。

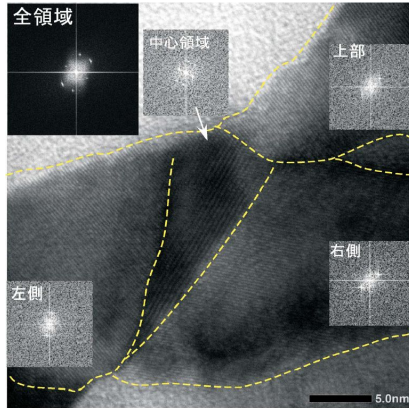


図5 Wファズ繊維を高倍率の電顕で観察した写真。光学的にさらに拡大すると、W原子配列の結晶格子が識別される。結晶粒塊の界面を黄色の破線で示す。各粒塊に対するFFTの結果を各粒塊の位置に示す。視野全体のFFT像は左上に示す。

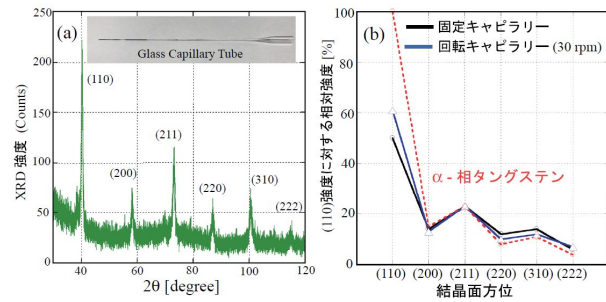


図6 黒色化 PM-W 基板表面から削ぎ落したファズを直径 3 mm のガラス・キャピラリー管に封入して行った X 線回折結果。(a) ファズをキャピラリーに封入した写真と固定キャピラリーで得られた XRD スペクトル。(b) 30 rpm でキャピラリーを回転しても同様のスペクトルが得られる。(b) 回折強度の結晶面に対する相対強度分布。結晶面(211)の強度を相 W のそれで規格化した分布。

(4) 付随するその他の成果

4.1 プラズマ運動量の効果

ELM 等のプラズマ熱パルスはダイバータ部の壁へ運動量流入をもたらす。固体壁の場合には問題にならないが、壁溶融が発生し、液体面になったときには飛散などの駆動の原因となる。パルス運動量がタングステン箔に流入した場合には箔の振動をもたらす。この振動周期を片持ち梁モデルで解析を行った。

4.2 He プラズマ照射による黒色化 Si の形成

金属への He プラズマ照射によって、バブル/ホール形成やファズの成長は調べられてきた。非金属の代表として、Si を選んだ。高密度ナノ・コーンが運動論的スパッタリングで形成され、光吸収特性が良く、太陽電池への応用が展望されることを示した。

4.3 W ファズの高い熱放射特性のより高温でも維持する試み

W に TiC などをドーブした TFGR-W はファズの消滅が高温域に移ることを以前に示した。逆にファズの熱放射特性の有効性の観点に立ちこれを改めて示した。しかしより高温での熱放射特性を維持するために、LIPSS (Laser Induced Periodic Surface Structure) を施すことを試みた。ピッチは 0.6 μm 程度である。現在最適条件を模索中である。

4.4 ELM 模擬のためのパルス熱負荷発生の試み

プラズマ発生装置 AIT-PID のパルス運転の安定化のため、熱陰極からの異常放電を防ぐべく、熱陰極まわりのセラミック・ガードの増強とパルス電源の電流制限抵抗の耐圧耐熱化を実施し、安定したパルス熱負荷生成を得た。

< 引用文献 >

- A. Kallenbach et al., J. Nucl. Mater. **415**, S19 (2011).
- S. Takamura, IEEJ Trans. Electric Electronic Eng. **7**, S19 (2012).
- T. Ohzono and H. Manobe, J. Collid Interface Sci. **368**, 1 (2012).
- E. Powelec et al., J. Phys. Conf. Ser. **959**, 012009 (2018).
- K. Wang et al., Sci. Rep. **7**, 42315 (2017).
- S. Takamura et al., Contrib. Plasma Phys. **54**, 474 (2014).
- T. Miyamoto, S. Takamura and H. Kurishita, Plasma Sci. Technol. **15**, 161 (2013).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 S. Takamura, Y. Uesugi, A.M. Ito, M. Yajima, K. Yamada, S. Maenaka and K. Fujita	4. 巻 57
2. 論文標題 Microwrinkle structures on refractory metal surfaces irradiated with noble gas plasma species	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 086043(8pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1088/1741-4326/aa75ee	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 菊池祐介、高村秀一	4. 巻 93
2. 論文標題 小特集「重層構造プラズマの形成がもたらすペーパーシールドリング効果」、2. 核融合PWI分野における重層構造プラズマ実験研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌, URL: http://www.jspf.or.jp/journal/PDF-JSPF/jspf2017_08/jspf2017_08-354.pdf	6. 最初と最後の頁 354-359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 G. Kawamura, N. Ohno, S. Takamura and Y. Tomita	4. 巻 12
2. 論文標題 A Particle-in-Cell approach to particle flow shaping with a surface mask	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 297-301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://dx.doi.org/10.1016/j.nme.2016.12.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 S. Takamura, Y. Uesugi, Y. Kikuchi, M. Nagata, K. Yamada, T. Kobayashi, S. Maenaka, K. Fujita and H. Kurishita	4. 巻 9
2. 論文標題 Thermal radiative characteristics of nanostructured tungsten at high temperature	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Surfaces and Interfaces	6. 最初と最後の頁 44-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.surfin.2017.07.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高村 秀一	4. 巻 94
2. 論文標題 「はじめに」：小特集「ヘリウムプラズマで誘起される金属表面の繊維状ナノ構造」	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌, URL: http://www.jspf.or.jp/journal/PDF-JSPF/jspf2018_06/jspf2018_06-294.pdf	6. 最初と最後の頁 294-295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高村 秀一	4. 巻 94
2. 論文標題 「繊維状ナノ構造形成過程に関する実験からの知見」：小特集「ヘリウムプラズマで誘起される金属表面の繊維状ナノ構造」	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌, URL: http://www.jspf.or.jp/journal/PDF-JSPF/jspf2018_06/jspf2018_06-300.pdf	6. 最初と最後の頁 300-305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高村秀一、青田達也、岩田博之、前中志郎、藤田和宜、玉城陽平、菊池祐介、上杉喜彦	4. 巻 53
2. 論文標題 ヘリウムプラズマ照射によって得られた黒色シリコンの表面ナノ構造形成と光学特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 愛知工業大学研究報告, URL: http://repository.aitech.ac.jp/dspace/handle/11133/3294	6. 最初と最後の頁 59-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高村秀一	4. 巻 53
2. 論文標題 ヘリウムプラズマ照射によって誘起された金属表面の繊維状ナノ構造形成機構に関する考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 愛知工業大学研究報告, URL: http://repository.aitech.ac.jp/dspace/handle/11133/3301	6. 最初と最後の頁 52-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高村秀一、岩田博之、青田達也、上杉喜彦、前中志郎、藤田和宣	4. 巻 54
2. 論文標題 ヘリウム・プラズマ照射によってタングステン表面に形成される繊維状ナノ構造の結晶性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 愛知工業大学研究報告, URL: http://repository.aitech.ac.jp/dspace/handle/11133/3493	6. 最初と最後の頁 77-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takamura S., Aota T., Uesugi Y., Kikuchi Y., Maenaka S., Fujita K.	4. 巻 59
2. 論文標題 Effects of nitrogen-seeded deuterium plasma on tungsten surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 046015(12pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1088/1741-4326/ab0142	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 Yusuke Kikuchi, Takaya Okumura, Kazumasa Kadowaki, Tatsuya Aota, Shiro Maenaka, Kazunari Fujita and Shuichi Takamura	4. 巻 52
2. 論文標題 Porous tungsten nanostructure formation using a helium arc discharge plasma under sub-atmospheric pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 375201(6pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab2ac/	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. Takamura, T. Aota, H. Iwata, S. Maenaka, K. Fujita, Y. Kikuchi, Y. Uesugi	4. 巻 487
2. 論文標題 Black silicon with nanostructured surface formed by low energy helium plasma irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 755-765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.05.034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Takamura, H. Iwata, T. Aota, Y. Uesugi, S. Maenaka, K. Fujita, M. Sakao, M. Yamashita	4. 巻 9
2. 論文標題 Crystallinity and grain distribution of fiber-formed nanostructure on tungsten surface with helium plasma exposure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materialia	6. 最初と最後の頁 100564(8pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.mtla.2019.100564	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Takamura, T. Kuwabara and Y. Uesugi	4. 巻 55
2. 論文標題 Observation of Mechanical Oscillation induced by Pulsed Plasma-Momentum injection to Tungsten Foil in AIT-PID for Fusion Studies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 愛知工業大学研究報告	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計19件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 高村秀一
2. 発表標題 高融点金属表面に形成される皺・波状周期構造
3. 学会等名 2017年度NIFS共同研究研究会「境界プラズマ挙動の理解と異分野融合による新展開」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥村卓也、菊池祐介、青田達也、前中志郎、藤田和宜、高村秀一
2. 発表標題 電極水平対向配置における準大気圧定常ヘリウムアーク放電プラズマの特性評価
3. 学会等名 平成29年度電気学会A部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Takamura and Y. Uesugi
2. 発表標題 Performance of Compact Plasma Device AIT-PID towards Researches on PSI related New Issues
3. 学会等名 6th International Workshop on Plasma Material Interaction Facilities for Fusion Research (PMIF2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高村秀一、青田達也、岩田博之、前中志郎、藤田和宜、玉城陽平、菊池祐介、上杉喜彦
2. 発表標題 ヘリウム照射ブラックシリコンの興味深い表面ナノ構造形成とその光学的・電子的特性
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥村卓也、菊池祐介、青田達也、前中志郎、藤田和宜、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧定常ヘリウムアークプラズマ照射によるタングステン表面ナノ構造の試料温度特性
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高村秀一、青田達也、上杉喜彦、菊池祐介、前中志郎、藤田和宜
2. 発表標題 窒素を含む重水素混合プラズマが対向壁タングステン表面に与える効果
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村卓也、菊池祐介、前中志郎、青田達也、藤田和宣、高村秀一
2. 発表標題 電極水平対向配置における準大気圧定常ヘリウムアーク放電プラズマの特性評価(II)
3. 学会等名 平成30年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高村秀一、青田達也、上杉喜彦、菊池祐介、前中志郎、藤田和宣
2. 発表標題 炉内周辺プラズマ放射冷却としての窒素が対向壁タングステン表面に与える効果
3. 学会等名 第12回核融合エネルギー連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池祐介、奥村卓也、門脇和正、青田達也、前中志郎、藤田和宣、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧ヘリウムアークプラズマ照射装置の開発と繊維状タングステン形成
3. 学会等名 平成30年度境界プラズマ研究会(NIFS共同研究)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高村秀一、青田達也、菊池祐介、永田正義、上杉喜彦、前中志郎、藤田和宣、栗下裕明
2. 発表標題 ナノ構造表面を持つタングステンの高温での熱放射特性の向上
3. 学会等名 平成30年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高村秀一
2. 発表標題 ヘリウム照射による金属表面に形成される繊維状ナノ構造の成長過程に関する実験的考察
3. 学会等名 平成29年度NIFS共同研究PWI研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村卓也、菊池祐介、青田達也、前中志郎、藤田和宜、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧定常ヘリウムアーク放電プラズマ照射によるタングステンの表面ナノ構造形成
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池祐介、奥村卓也、門脇和正、青田達也、前中志郎、藤田和宣、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧ヘリウムプラズマ照射による繊維状ナノ構造形成
3. 学会等名 核融合炉開発に向けたPWIマルチスケールモデリングに関する研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高村秀一、青田達也、菊池祐介、上杉喜彦、前中志郎、栗下裕明、藤田和宣、永田正義、
2. 発表標題 ナノ構造を持つタングステンの高温での熱放射特性の向上へ向けて-ピン留め効果と表面拡散の競合-
3. 学会等名 核融合炉開発に向けたPWIマルチスケールモデリングに関する研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 門脇和正、菊池祐介、青田達也、前中志郎、藤田和宣、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧直流ヘリウムアーク放電プラズマ生成と特性評価
3. 学会等名 電気学会A部門(基礎・材料・共通)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊池祐介、門脇和正、青田達也、前中志郎、藤田和宣、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧ヘリウムアークプラズマ照射によるタングステン表面ナノ構造形成
3. 学会等名 2019年プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kikuchi, T. Okumura, K. Kadowaki, T. Aota, S. Maenaka, K. Fujita, S. Takamura
2. 発表標題 Formation of nanostructured tungsten using a helium arc discharge plasma under sub-atmospheric pressure
3. 学会等名 34th ICPIG(Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases) and ICRP-10(10th Int. Conf. on Reactive Plasmas)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高村秀一
2. 発表標題 ITPAへの我が国からの貢献向上に向けて
3. 学会等名 スクレイプオフ層とダイバータ物理サブクラスター(平成30年度第一回)とダイバータサブクラスター(平成30年度第一回)の合同会合(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 門脇和正、菊池祐介、青田達也、前中志郎、藤田和宜、高村秀一
2. 発表標題 準大気圧直流ヘリウムアーク放電プラズマ生成と特性評価(II)
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	上杉 喜彦 (UESUGI Yoshihiko) (90213339)	金沢大学・電子情報通信学系・教授 (13301)	
連携研究者	菊池 祐介 (KIKUCHI Yusuke) (00433326)	兵庫県立大学・工学研究科・准教授 (24506)	