

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：37111  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2020～2023  
課題番号：20K03920  
研究課題名(和文) 多重内部反射赤外分光その場計測によるアモルファス炭素膜のスパッタ成膜機構の解明  
  
研究課題名(英文) A Study on Deposition mechanisms of Amorphous Carbon films with in-situ Multiple-Internal-Reflection Infrared Spectroscopy  
  
研究代表者  
篠原 正典 (SHINOHARA, MASANORI)  
  
福岡大学・工学部・教授  
  
研究者番号：80346931  
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)：これまで検討してきたアモルファス炭素膜のプラズマ化学気相堆積(PECVD)に加え、スパッタ堆積についても検討し、炭素膜の統一的成膜メカニズムを明らかにすることが本研究の目的はあ

る。スパッタにより成膜された膜では、単結合の炭化水素成分が生成されている。このことは気相状態の制御により成膜することも重要であることを示唆するため、炭化水素ガスにヘリウムを添加させたPECVDにより新たな化学結合状態をもつ膜が得られることがわかった。高電圧パルススパッタで形成された膜では、グラフェンなどの構造体も得られやすいのではないかと考えられた。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

炭素膜のプラズマ成膜について成長メカニズムについて、これまで様々に議論されてきたが不明な点が多い。本研究では、スパッタおよびPECVDで成膜された膜を広範囲に比較し、膜中の結合状態の変化から成膜メカニズムに迫り、得られた結果からグラフェン等の炭素の構造物の効率的な形成への発展を示したものである。学術的に意義のある成果が得られている。これまでの炭素膜成膜は、数多くの実験条件から最適条件を絞り込む試行錯誤型の研究が多いが、成膜途中の状態を計測し膜形成のメカニズムを明らかにする本研究は社会的意義がある。さらに、グラフェン、カーボンナノウォールを新たな方法での成長に成功している点にも意義がある。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to clarify the deposition mechanism of sputtering carbon related film, by investigating sputtering deposition of carbon films, in addition to plasma enhanced chemical deposition (PECVD) method. The sputtered film contains sp<sup>3</sup>-hydrocarbon components, indicating that it is important to control gas-phase reactions. Then, gas-phase reactions in PECVD are changed with the addition of He addition to hydrocarbon gas. As a results, different chemical states are generated in the deposited films. Furthermore, the deposited films with high power impulse sputtering at high temperatures show the formation of structured carbon materials, like graphene and carbon nanowalls. the formation of these structure is suitable to HiPIMS/HPPS method.

研究分野：プラズマ表面相互作用

キーワード：スパッタ成膜 PECVD 炭素膜 結合状態 高電圧パルス グラフェン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

炭素は sp<sup>2</sup>-, sp<sup>3</sup>-の結合様式をとれるためダイヤモンドや黒鉛をはじめ様々な構造を作ることができる。アモルファス状の炭素膜は sp<sup>2</sup>-と sp<sup>3</sup> の両方の結合状態を膜中に持つため、この膜の制御ができれば、様々な炭素の構造体の制御も可能であると考えられる。また、アモルファス炭素膜は摺動性、高硬度、化学的安定性などのダイヤモンド等と匹敵する性質をもち、プラズマを用いれば低温で形成できる。それゆえ、アモルファス炭素膜は多くの分野で産業応用され、現代社会に不可欠な物質でもある。

これまで、この膜はプラズマ化学気相堆積法、スパッタ法など様々な方法で成膜されてきた。プラズマ化学気相堆積法は、プラズマ中で原料分子の分解を支援し、成膜を行うものである。それゆえ、分子が部分的に分解されているため、基板に吸着しやすく基板上での分解も進みやすいので低温成長ができるとともに、様々な組成・化学結合状態を持った膜が形成できる。この方法では、どのような化学種がどのように吸着して、その吸着状態がどのように変遷していくのかを明らかにできれば、成膜メカニズムが明らかにできると考えられる。これまでプラズマ中、気相中で生成される化学種の同定の研究が多かったのに対して、私はプラズマ化学気相堆積法における基板表面での化学種の変遷を調べ、成膜メカニズムの解明に迫ってきた。

一方で、プラズマ気相堆積法以外の方法については詳細に調べた研究例は少ない。そこで、アモルファス炭素膜の成膜に多く用いられるスパッタ法を注目し、スパッタ法による成膜における成膜メカニズムを明らかにしたいと考えた。スパッタ法は主に固体物質のターゲットにイオンを衝突させ、ターゲットから原子を飛び出させ膜を形成するものである。プラズマ化学気相堆積法は原料分子に水素化物を用いることが多いので、プラズマ中で生成される成膜のもとになる、すなわちプレカーサ(前期体)となる化学種も水素化物である。この原子であるか、水素化物であるかが大きな違いであり、その他の方法の成膜メカニズムの解明にも通用する重要な違いである。スパッタ法による成膜メカニズムを明らかし、プラズマ気相堆積法の結果と合わせて考えることにより、アーク蒸着法などその他の方法による成膜も明らかにできると考えられる。

### 2. 研究の目的

まず、スパッタ法によるアモルファス炭素膜の成膜ができる装置を立ち上げ、アモルファス炭素膜の成膜ができることを確認することである。スパッタ法では、主にヨーロッパで開発され今や全世界が注目している大電力パルスマグネトロンスパッタリング(HiPIMS)に対応できるカソードを取り付け、パルス発生装置を作製して HiPIMS を行えるようにする。

次に、成膜した、アモルファス炭素膜の化学結合状態を評価し成膜メカニズムの端緒をつかむことである。

### 3. 研究の方法

HiPIMS による膜堆積実験をできるように整備する。まず、炭素板をターゲットとしたカソードを取り付け、大電力のパルス発生制御回路と組み合わせ、HiPIMS を実現させる。HiPIMS はデューティ比は大抵 1%以下であるが、デューティ比がそれ以上の 10%程度まで必要な可能性もある。後者のような場合には、一般的に HPPMS (大電力パルスマグネトロンスパッタリング)、HPPS(大電力パルススパッタリング)と呼ばれる。そのため、HPPS も視野に入れて、装置を作製する。次に、チャンパーに基板をセットできるようにして、チャンパー内に基板をセッ

トできるように基板ホルダーを作製する。以上のように、製作した実験装置を用いてアモルファス炭素膜の成膜実験を行う。ここで、与えた高電圧パルスは、20ms ごとの時間に 850V の直流電圧を 20  $\mu$ s の間与えて生成した。プラズマを生成する際のガスとして、水素を選択した。原子量から考えてもアルゴンがスパッタガスとして適していると考えられる。しかし、グラフェン成膜にはアルゴンを導入した場合には成膜しにくいなどの問題があるので、グラフェンも含めアモルファス炭素膜を超える応用を考えて、水素を用いた。

すべての実験でこのパルス生成条件を用いた。この条件がプラズマを生成しやすいためである。ただし、この条件は、HiPIMS というよりも HPPS の条件である。

作製した膜は、赤外分光法(FT-IR)、ラマン(Raman)分光法により炭素の結合状態を評価する。FT-IR と Raman は相補的な関係になるため、両者を比べ、スパッタ膜の特徴を明らかにする。

スパッタ膜とプラズマ化学気相堆積の膜(PECVD)との比較を行い、プラズマ化学気相堆積方法を編み出し、検証を行う。この詳細は、実験結果のところで記載する。

大電力のスパッタリングのプラズマの特徴を活かした新規成膜プロセスの創製ができないのかについて検討を行い、探索を行う。

#### 4 . 研究成果

炭素ターゲットに大電力パルスを与えてプラズマを生成し、炭素膜を堆積した。HPPS による効果を調べるために、堆積する際には、アモルファス状の炭素膜では通常、基板に与える負バイアスを与えず浮遊電位とし、さらに、基板上での表面反応を抑えるためにも基板温度も室温とした。スパッタ成膜した膜の化学結合状態を赤外分光計測およびラマン分光計測により調べた結果をそれぞれ図 1、図 2 に示す。両者とも 10  $\Omega$ 、15  $\Omega$ 、30  $\Omega$  とパラメータとともに、スペクトルを示している。この抵抗値はプラズマ電流を制限するためにパルス電源に直列接続した抵抗値である。抵抗値が小さいほど図 1 によると、 $sp^3$ -CH<sub>2</sub>、 $sp^3$ -CH<sub>3</sub> などの  $sp^3$  性の炭化水素成分が形成されていることを示している。ここで、炭素の 2 重結合を示す  $sp^2$  性の炭化水素成分は計測されなかった。 $sp^2$  成分の炭素に水素が吸着しないあるいは  $sp^2$  成分の炭素が生成しないことが考えられる。図 2 示すラマンスペクトルでは、2700 $cm^{-1}$  を中心にブロードなピークを示し、さらに高波数側に裾野が上がった形状をしている。これはアモルファス状の炭素膜のうちポリマー状の炭素膜に特有にみられる形状である。ポリマー状の炭素膜が得られたと考えられる。これは、気相中に飛び出した炭素群が水素化して炭化水素の化学種が成膜されたと考えられ、PECVD と同様な成膜プロセスであると考えられる。これは気相中の化学種の状態をかえれば、膜質も変わると考えられる。

そこで、アセチレン( $C_2H_2$ )を原料とした PECVD において、プラズマの状態をかえるために、プラズマ中に He を添加し、成膜を行った。He は電離電圧、励起電圧ともに 19V 以上であり、He をプラズマ中に導入した場合、プラズマ中で 19V 以上に加速された電子が He に衝突した際にエネルギーを He に与えることができる。しかしそれ以下のエネルギーをもつ電子は He にエネルギーを与えることができない。 $C_2H_2$  分子は解離エネルギーが 10eV 以下であるので、 $C_2H_2$  のみのプラズマではプラズマ中の

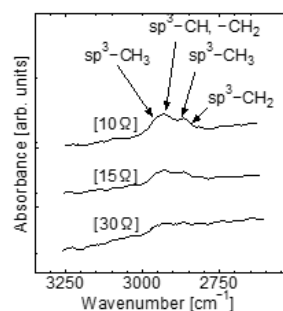


図 1 赤外吸収スペクトル

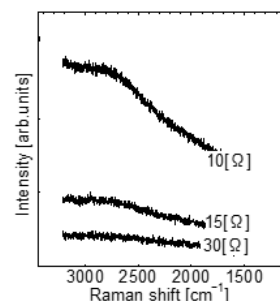


図 2 ラマンスペクトル

電子が 10eV 程度の加速でプラズマを生成することができる。

一方、 $C_2H_2$  分子に He を導入してプラズマを生成した場合、プラズマ中の電子は  $C_2H_2$  分子のみの場合と比べ、電子の加速が進むと考えられる。そこで、 $C_2H_2$  分子 He に添加した  $C_2H_2/He$  でプラズマを生成した場合と  $C_2H_2$  のみで生成したプラズマで成膜した際の赤外吸収スペクトルを図 3 に示す。両者のスペクトルは 40nm の膜厚における比較をしている。

(a), (b) はそれぞれ、 $C_2H_2/He$  プラズマ、 $C_2H_2$  のみのプラズマのスペクトルである。両者ともに、同じ波数位置にピークを持つが、ピーク強度が異なる。とくに  $sp^3-CH_2$  のピーク強度

が  $C_2H_2/He$  プラズマで成膜した膜では、小さい。 $C_2H_2$  分子がプラズマ中で分解し、膜中に形成された  $sp^3-CH_2$  の成分は、 $C_2H_2/He$  のプラズマでは形成されないということである。 $C_2H_2$  のみのプラズマと比べ  $C_2H_2/He$  のプラズマでは、プラズマ中の電子が持つエネルギーが高いと考え、その結果、プラズマ中での  $C_2H_2$  分子の分解が異なると考えられる。すなわち、 $C_2H_2$  の分解が進み、CH や  $C_2$  が形成されやすいのではないかと考えられる。確かに、 $C_2H_2/He$  プラズマのスペクトルでも、 $sp-CH$  のピークがはっきり観測されている。He を添加することにより、プラズマ中の状態をかえ、膜中の化学結合状態をかえることができることを示していると考えられる。

次に、HPPS によるスパッタ成膜の特性を十分に生かすためのプロセス創製のために、アモルファス炭素膜が製膜しにくいテフロンなどの高分子基板への成膜を試みた。図 4 に示すテフロン基板に堆積したアモルファス炭素膜は、はがれにくいことが分かった。印加された大電力パルスによりイオンが生成されやすく、そのイオンが影響しているものと考えられるが、今後さらなる検討を行いたい。

さらに、HPPS によるスパッタ成膜する際の基板温度を 800 に上げた実験を行った結果を示す。800 で成膜した膜のラマンスペクトルを図 5 に示す。このスペクトルでも、それぞれのスペクトルに抵抗値が示されている。この抵抗値は、図 1, 2 と同じように、HPPS のためにパルス電圧を与える際に直列接続した抵抗値であり、プラズマの電流を制限するものである。図 5 によると、すべてのラマンスペクトルで G ピーク、D ピーク、2D ピークを持っている。これは、カーボンナノチューブ、カーボンナノウォール、グラフェン等の炭素の構造体が形成されていることを示している。これら 3 つ物質は、ベンゼン環が平面上に連なったもので、カーボンナノチューブはその平面が丸まりチューブ状になったもの、カーボンナノウォールは平面シートが表面に垂直に形成されたもの、グラフェンは基板上に平行に形成されたものである。G ピークと D ピークのピーク強度を比較して議論されることが多いが、構造体の種類・状態がわからなければ、比較も難しいと考え、表面状態を走査型電子顕微鏡(SEM)による表面観察を行った。図 6 に結果を示す。(a) では抵抗の値が 10 の場合の SEM 像を示し、線状の構造が重なった見られる。これは、カーボンナノウォールと

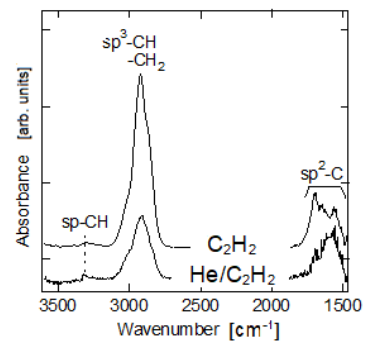


図 3 赤外吸収スペクトル

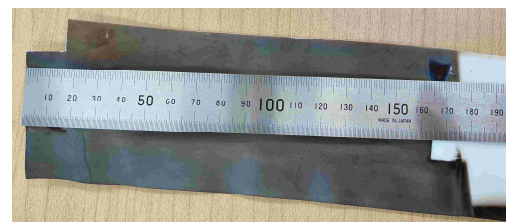


図 4 テフロンに堆積したアモルファス炭素膜の写真

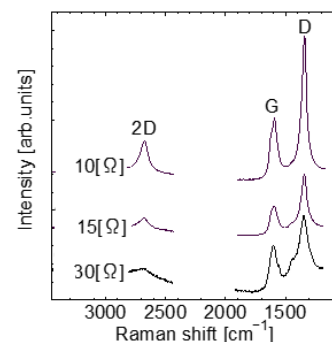


図 5 ラマンスペクトル

呼ばれる構造であると考えられる。抵抗の値が 15 の場合では、線状の構造の密度が極端に減少した様子を示した。(b)では、抵抗の値が 30 の場合の SEM 像を示し、平坦な平面が示されている。ラマンスペクトルでは 2D ピークが存在することからグラフェンが形成されている可能性を示している。

以上のことは、パルス電源に直列する抵抗を大きくし、プラズマ電流を小さくすることにより、カーボンナノウォールからグラフェンに移行することを示していると考えられる。このことは、プラズマ電流が増大し、プラズマ中のイオンの密度・量が増大するとカーボンナノウォールが形成し、プラズマ中のイオンの密度・量が減少するとグラフェンが形成するということを示している。ここで、イオン不要であると考え、PECVD のアフターグローを用いてイオン量を極力減少させて成膜を行ったところ、カーボンナノウォールが得られた。ラジカルだけでもグラフェンは形成されず、適量のイオンが必要であることを示している。その比率を今後明らかにしたい。

今回の研究により、大電力パルス(HPPS)を用いたアモルファス炭素膜の成膜に成功し、その特徴を生かした成膜にも成功した。PECVD と同様な化学結合所帯を持つ膜が形成された。この結果を受けて PECVD における気相反応制御の着想を得て、ヘリウムを添加したアセチレンプラズマの成膜について検討し、原料分子の分解が進んだことを示す化学結合状態をもつ膜が形成された。さらには、当初の計画を超え、グラフェン、カーボンナノウォールの形成、その形成の変遷・作り分けの方法を発見できた。以上のように、本研究は飛躍的な成果を得たものと考えられる。



(a)



(b)

図 6 SEM 像

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 KUWADA Atsuya, NAKAI Tatsuya, OOISHI Yuto, SASAMOTO Ryo, SHINOHARA Masanori, TANAKA Satoshi, MATSUMOTO Takashi	4. 巻 66
2. 論文標題 An Infrared Spectroscopic Study of Amorphous Carbon Film Deposition Process during Plasma Generated in Helium-Added Acetylene	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Vacuum and Surface Science	6. 最初と最後の頁 442 ~ 447
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1380/vss.66.442	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38件（うち招待講演 2件／うち国際学会 14件）

1. 発表者名 大石侑叶、栗田篤哉、篠原正典、前田文彦、田中 諭、松本貴士
2. 発表標題 大電力パルススパッタリング(HPPS)を用いたグラフェン堆積
3. 学会等名 日本表面真空学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 栗田篤哉、大石侑叶、篠原正典、田中 諭、松本貴士
2. 発表標題 He添加アセチレンプラズマ中でのアモルファス炭素膜の堆積過程の検討
3. 学会等名 日本表面真空学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石侑叶、栗田篤哉、篠原正典、前田 文彦、田中諭志、松本貴士
2. 発表標題 大電力パルススパッタリング(HPPS)を用いたグラフェン堆積の プラズマ供給電圧依存性
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柴田 篤哉、大石侑叶、篠原 正典、田中 諭志、松本 貴士
2. 発表標題 メチルアセチレンプラズマにおけるアモルファス炭素の成膜過程の赤外分光計測
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuto Ooishi, Atsuya Kuwada, Fumihiko Maeda, Masanori Shinohara, Satoshi Tanaka, and Takashi Matsumoto
2. 発表標題 Graphene Deposition with High Power Pulse Sputtering (HPPS) Plasma
3. 学会等名 Advanced Metallization Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 篠原正典、柴田篤哉、大石侑叶
2. 発表標題 プラズマが誘起する表面反応と成膜
3. 学会等名 第39回九州・山口プラズマ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsuya Kuwada, Tatuo Nakai, Yuto Ooishi, Masanori Shinohara, Takashi Matsumoto, and Satoshi Tanaka
2. 発表標題 Deposition process of He-added Acetylene plasma, Investigated with Infrared Spectroscopy
3. 学会等名 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsuya Kuwada, Tatu Nakai, Yuto Ooishi, Masanori Shinohara, Takashi Matsumoto, and Satoshi Tanaka
2. 発表標題 Infrared Spectroscopic Study on Plasma Deposition with Dimethyl-adamantane as a Source, and Its Substrate Bias Effects
3. 学会等名 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuto Ooishi, Atsuya Kuwada, Fumihiko Maeda, and Masanori Shinohara, Takashi Matsumoto, and Satoshi Tanaka
2. 発表標題 Deposition of Graphene on Si with HPPS Plasma, using di-isopropyl-ether as carbon source
3. 学会等名 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuto Ooishi, Atsuya Kuwada, Fumihiko Maeda, and Masanori Shinohara, Takashi Matsumoto, and Satoshi Tanaka
2. 発表標題 Comparison of Graphene on Si(110) with Styrene plasma Generated by High-Power Pulsed Sputtering Plasma, with that on Si(100)
3. 学会等名 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsuya Kuwada, Tatu Nakai, Yuto Ooishi, and Masanori Shinohara, Takashi Matsumoto, and Satoshi Tanaka
2. 発表標題 Infrared Spectroscopic Study on Amorphous carbon Deposition Process during Acetylene Plasma
3. 学会等名 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 A. Kuwada, Y. Ooishi, M. Shinohara, T. Matsumoto and S. Tanaka
2. 発表標題 Deposition Process with Methyl-acetylene plasma, Investigated with Infrared Spectroscopy
3. 学会等名 The 44th International Symposium on Dry Process (DPS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 A. Kuwada, Y. Ooishi, M. Shinohara, T. Matsumoto and S. Tanaka
2. 発表標題 Effects of He dilution on chemical states in amorphous carbon films deposited by acetylene plasma
3. 学会等名 The 44th International Symposium on Dry Process (DPS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石侑叶、栗田篤哉、前田文彦、篠原正典、田中諭志、松本貴士
2. 発表標題 HPPSプラズマによるSi基板へのグラフェンの直接成膜
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第27回支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 栗田篤哉、大石侑叶、東田遼平、篠原正典
2. 発表標題 Si含有炭化水素分子を用いたプラズマ膜堆積の反応解析
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第27回支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石侑叶、栗田篤哉、東田遼平、篠原正典、前田文彦、田中諭志、松本 貴士
2. 発表標題 スチレン添加大電力パルススパッタリング(HPPS)プラズマで堆積させた炭素膜の解析
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 栗田篤哉、大石侑叶、東田遼平、篠原正典
2. 発表標題 テトラメチルシランプラズマを用いた膜堆積過程の赤外分光解析
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中居 辰也、栗田 篤哉、大石 侑叶、佐々本 凌、篠原 正典、田中 諭志、松本 貴士
2. 発表標題 アセチレンプラズマを用いた膜堆積におけるプラズマ供給電力の効果
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中居 辰夫、栗田 篤哉、佐々本 凌、篠原 正典、松本 貴士、田中 諭志
2. 発表標題 IR spectroscopic study of film deposition process during acetylene plasma
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 篠原 正典, 中居 辰夫, 栗田 篤哉, 佐々本 凌
2. 発表標題 Effect of substrate position on chemical states of the deposited films with benzene as a source during plasma CVD
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗田 篤哉, 中居 辰夫, 佐々本 凌, 篠原 正典, 松本 貴士, 田中 諭志
2. 発表標題 Effect of helium as diluting gas on film deposition process during acetylene plasma
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Nakai, A. Kuwada, R. Sasamoto, M. Shinohara
2. 発表標題 Decomposition of Benzene Molecules during Plasma
3. 学会等名 6. IUMRS- ICYRAM 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中居辰夫、栗田篤哉、佐々本凌、篠原正典、田中諭志、松本貴士
2. 発表標題 アセチレンプラズマ中でのアモルファス炭素膜堆積過程の赤外分光解析：基板バイアス効果
3. 学会等名 表面真空学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗田篤哉、中居辰夫、佐々本凌、篠原正典、田中諭志、松本貴士
2. 発表標題 He 添加アセチレンプラズマ中でのアモルファス炭素膜堆積の赤外分光解析：He の添加効果
3. 学会等名 表面真空学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大石 侑叶, 栗田 篤哉, 中居 辰夫, 佐々本 凌, 篠原 正典, 田中 諭志, 松本 貴士
2. 発表標題 プラズマ化学気相堆積中の体積位置による膜中の化学結合状態の変化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中居 辰夫, 大石 侑叶, 栗田 篤哉, 佐々本 凌, 篠原 正典, 田中 諭志, 松本 貴士
2. 発表標題 アセチレンプラズマにより堆積した膜の化学結合状態のプラズマ供給電力依存
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗田 篤哉, 中居 辰夫, 大石 侑叶, 佐々本 凌, 篠原 正典, 田中 諭志, 松本 貴士
2. 発表標題 ヘリウム添加アセチレンプラズマにおけるヘリウム/アセチレン比による堆積膜の化学結合状態の変化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中居辰夫, 桑田篤哉, 白水暁大, 佐々本凌, 篠原正典
2. 発表標題 アセチレンプラズマを用いたアモルファス炭素膜の堆積過程
3. 学会等名 日本表面真空学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桑田篤哉, 中居辰夫, 白水暁大, 佐々本凌, 篠原正典
2. 発表標題 炭化水素プラズマにより放電管内に堆積されたアモルファス状の炭素膜のFTIR 計測とプロセス予想
3. 学会等名 日本表面真空学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nakai, A. Kuwada, R. Sasamoto, M. Shinohara
2. 発表標題 Analysis of Amorphous carbon film deposition process with FTIR
3. 学会等名 The Material Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中居辰夫, 桑田篤哉, 佐々本凌, 篠原正典, 松本貴士, 田中諭志
2. 発表標題 アセチレンプラズマ中での基板バイアス効果の赤外分光計測
3. 学会等名 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 中居辰夫, 桑田篤哉, 佐々本凌, 篠原正典
2. 発表標題 アセチレンプラズマ中でのアモルファス炭素膜の成膜メカニズムの検討
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 篠原正典
2. 発表標題 赤外分光法によるプロセス計測
3. 学会等名 トライボロジー研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masanori Shinohara, Ryo Sasamoto, Takeshi Ihara, Yoshihito Yagyu, Tamiko Ohshima, Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Infrared spectroscopic study of control of plasma induced surface reactions during plasma chemical vapor deposition with ether molecules as source molecules
3. 学会等名 4th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠原 正典, 佐々本 凌, 猪原 武士, 柳生 義人, 大島 多美子, 川崎 仁晴
2. 発表標題 ベンゼンプラズマによる膜堆積反応の基板温度依存性
3. 学会等名 第81回応用学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠原 正典, 佐々本 凌
2. 発表標題 アモルファス炭素膜のプラズマ気相化学堆積に対する ベンゼン供給位置の影響
3. 学会等名 Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠原 正典, 佐々本 凌
2. 発表標題 プラズマ反応解析の試み, ~PECVD, HiPIMS~
3. 学会等名 九州山口プラズマ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠原 正典, 中居 辰夫, 佐々本 凌, 田中 諭志, 松本 貴士
2. 発表標題 ベンゼンプラズマにより堆積されたアモルファス炭素膜の化学結合状態に及ぼす基板と原料供給位置の効果
3. 学会等名 第68回応用学会春季学術講演会
4. 発表年 2021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

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
---------	---------