

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03217

研究課題名(和文) 混合蒸気同軸導入フィルタードアーク蒸着装置の試作と高機能高密度カーボン膜の開発

研究課題名(英文) Fabrication of filtered arc deposition system with mixed vapor introduction and preparation of highly functional carbon films with high density

研究代表者

滝川 浩史 (Takikawa, Hirofumi)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90226952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、フィルタードアーク蒸着(FAD)装置に、電子ビーム(EB)蒸着源を併用した新規のフィルタードアーク蒸着システムを新たに設計・開発した。開発したEB蒸着併用FAD装置を用いて、水素フリーかつ任意のSi含有量を持つSi-DLC膜を作製した。作製したSi-DLC膜は、高耐熱性膜として期待されたが、膜中に酸素が混入し、高い耐熱性は得られなかった。酸素混入は装置本体の性能が原因と考えられる。したがって、開発装置は、より高真空な環境を用意することで、Si-DLC膜の新たな可能性の検討に貢献できると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した装置により、新規DLC膜の開発促進が期待できる。特に、Si-DLCのような高い耐熱性を持つDLC膜の実現は、ガラスレンズのモールド用材料(硝材)の利用範囲を拡大する。高屈折率の硝材が利用できるようになると、レンズの小型化・軽量化が可能となり、映像情報機器端末の高性能化に寄与できる。また、切削回転が高いほど、工具に要求される耐熱温度は高いことから、高回転切削工具用保護膜としても期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, a filtered arc deposition (FAD) apparatus combined an electron beam (EB) deposition source was designed and developed. Hydrogen-free Si-contained diamond-like carbon (Si-DLC) films with arbitrary Si content were fabricated using the FAD apparatus combined EB deposition source. The fabricated Si-DLC films were expected as a highly heat-resistant film, however the high heat resistance was not obtained because oxygen was mixed in the films. The poor vacuum performance of the apparatus caused the oxygen detection from the films. Thus, the apparatus equipped with a high vacuum environment is expected to contribute to the study of Si-DLC films.

研究分野：プラズマ応用工学

キーワード：真空アーク パルスアーク 電子ビーム蒸着 薄膜コーティング ダイヤモンドライクカーボン 機能性薄膜 耐熱性

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

真空中の直流アーク放電は、陰極は激しく蒸発し、陽極は不活性である。この特徴を利用して、電力機器技術を基礎とした物理蒸着法としての工業的利用が 1990 年代初頭から始まった。しかしながら、原料蒸発源である陰極から、陰極材料の突佛粒子（ミクロンサイズの微粒子；以下、ドロップレット）が放出され、これが生成膜に異物として付着すると膜の平坦性や組成均一性が失われてしまうため、高精度性や電気電子的・光学的性質を要求される高機能な膜の形成法としての普及が進まなかった。薄膜形成用真空アークの放電基礎特性の解明が進み、ドロップレット問題の解決を目指した数々の装置が開発され、現在では、徐々に産業界においても受け入れられてきている。しかし、求められる材料が多様化することにもない、更に新しい機能を有した蒸着システムとしての進化が期待されている。

アモルファス炭素膜は、ダイヤモンドライクカーボン膜（以下、DLC 膜）と呼ばれる。プラズマ CVD 法、スパッタ法など様々な方法で形成できるが、水素を含まず、かつ、ダイヤモンド成分（ sp^3 構造）を最も多く含み、従って最も密度の高い DLC 膜（以下、高密度 DLC 膜）を高品質に形成できる手法は、フィルタードアーク蒸着法のみである。この高密度 DLC 膜に更なる機能や機能向上を付与するため、炭素や水素以外の固体元素の混合法・装置の開発が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、真空アーク放電プラズマを用いた薄膜蒸着装置に、異種元素を混合するための蒸発源を融合的に具備しつつ、高品質（超平坦、均質、異物フリー）な薄膜を形成可能な新規のフィルタードアーク蒸着システムを新たに設計・開発する。同装置を用い、環境負荷の低減や高付加価値ものづくりを支える機能性高密度アモルファス炭素膜（ダイヤモンドライクカーボン：DLC）の創製を行う。主に、高温耐久性結合（シリコンカーバイド：SiC）の骨格を含む Si 含有 DLC 膜の開発に重点をおき、現状の 600 から 750 への高温耐久性向上を目指す。

3. 研究の方法

Si 含有 DLC (Si-DLC) 膜を異なる 2 つの方法で作製し、Si の有無および作製方法による DLC 膜特性の違いを評価した。DLC 膜の作製には、フィルタードアーク蒸着 (FAD) 法を用いた。同装置はパルス駆動であり、外部トリガが不要である。陰極ターゲット周辺の簡素化が容易であり、装置を小型化できる。したがって、高価原料を必要とする新規膜種の開発に有用である。また、同装置は、プラズマ輸送により基板へのドロップレット付着を防止できるため、より硬質な薄膜形成が可能である。

DLC 膜への Si 混合には、Si 含有ターゲットを用いた方法と、電子ビーム (EB) 蒸着法を併用した方法の 2 種類を用いた。作製した膜は、触針式表面形状測定装置と顕微レーザーラマン分光光度計、X 線光電子分光分析 (XPS) 装置を用いて分析した。また、集光照射式赤外線真空加熱炉を用いて、作製した膜を加熱し、加熱前後のラマン分光分析から、DLC 膜の耐熱性を評価した。

4. 研究成果

(1) 装置の設計・作製

任意の Si 含有量を混合可能な DLC 成膜装置として、従来の FAD 装置に EB 蒸着源を備えた EB 蒸着併用 FAD 装置を設計・作製した。成膜チャンバの側面および下方に、それぞれ FAD 源および EB 蒸着源を配置した。両蒸発源から、それぞれ炭素および Si を同時に蒸発させ、基板上に薄膜を形成した。基板ステージは、各蒸着源に対して 45° の角度で配置した。EB 蒸着源から基板ステージまでの間には、回転式のシャッターを取り付け、回転速度を制御することで、基板へ到達する Si 量を調整した。

(2) Si 含有 DLC 膜の作製と膜分析

Si 含有黒鉛ターゲットを用いた Si-DLC 膜の作製

陰極に、Si 含有量の異なる黒鉛ターゲットを用いることで、Si 含有量の異なる Si-DLC 膜を作製した。使用した Si 含有黒鉛ターゲットの Si 含有量は、公称値で 0, 2, 5, 10 at.% であった。作製した膜と用いたターゲットの Si 含有量の関係を図 1 に示す。膜中の Si 含有量は、XPS 分析より算出した。作製した膜中の Si 含有量は、用いた黒鉛ターゲットの Si 含有量より高い傾向を示した。図 2 に、作製した膜のラマンスペクトルを示す。Si を含む膜も、Si を含まない膜と同様に、 1000 cm^{-1} から 1800 cm^{-1} の間に、DLC 膜によく見られるバンドスペクトルを示した。また、バンドスペクトルピークは、Si 含有量の多い膜ほど、低波数にシフトした。XPS 分析とラマン分光分析より、黒鉛ターゲット中の Si 含有量を変えることで、Si 含有量の異なる DLC 膜が作製可能なることがわかった。

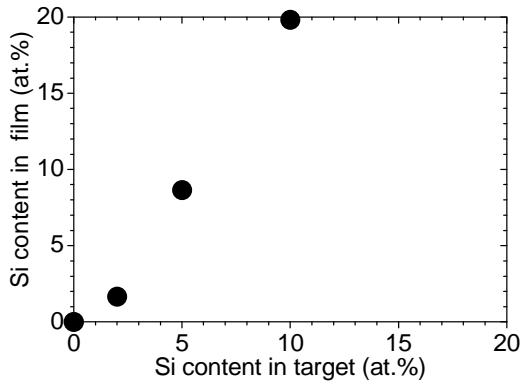


図 1 Si 含有黒鉛ターゲットを用いて作製した Si-DLC 膜の Si 含有率

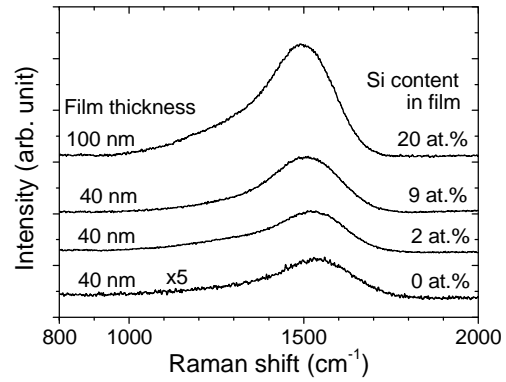


図 2 Si 含有黒鉛ターゲットを用いて作製した Si-DLC 膜のラマンスペクトル

EB 蒸着法を併用した Si-DLC 膜の作製

FAD 源に EB 蒸着源を併用することで、Si-DLC 膜を作製した。FAD 源には、炭素原料として Si を含まない黒鉛を陰極ターゲットに用いた。EB 蒸着源には、Si 粉末をるつぼへ投入した。電子ビーム電流および回転シャッターの回転速度により、Si の蒸着量を制御した。FAD 源の黒鉛ターゲットと、EB 蒸着源の Si 粉末を同時に蒸発させることで、Si-DLC 膜を形成した。XPS 分析より算出した形成膜の Si 含有量を図 3 に示す。EB 蒸着源の電子電流を 25 mA とし、回転シャッターの回転速度を 60 rpm として作製した膜の Si 含有量は、1 at.% であった。また、電子電流を 30 mA とし、回転シャッターを Open 状態で固定し作製した膜の Si 含有量は、15 at.% であった。EB 蒸着源から基板へ到達する Si 量を制御することで、形成膜中の Si 含有量を制御可能であることがわかった。EB 蒸着法を併用して作製した膜のラマンスペクトルを図 4 に示す。Si 含有黒鉛ターゲットを用いて作製した Si-DLC 膜と同様に、EB 蒸着法を併用して作製した膜においても、1000 cm⁻¹ から 1800 cm⁻¹ の間に、バンドスペクトルが見られ、そのバンドスペクトルピークは、Si 含有量の多い膜ほど、低波数にシフトした。FAD 源に EB 蒸着源を併用することで、Si-DLC 膜を作製できることがわかった。また、EB 蒸着条件を変え、EB 蒸着ターゲットの材料の基板への到達量を制御することで、形成する膜の EB 蒸着ターゲット材料混合量を制御可能であることがわかった。

(3) 加熱試験

2 種類の方法で作製した Si-DLC 膜を真空加熱し、加熱前後のラマンスペクトル変化の有無から、作製した Si-DLC 膜の耐熱性を評価した。5.0 × 10⁻⁴ Pa 以下の炉内に、作製した膜を配置し、室温から 1 min で 600 および 700 まで昇温した。最高温度保持時間は 30 min とした。Si 含有黒鉛ターゲットを用いて FAD 法で作製した Si-DLC 膜の結果を図 5 に、FAD 源と EB 蒸着源を併用して作製した Si-DLC 膜の結果を図 6 にまとめた。900 cm⁻¹ から 1000 cm⁻¹ 付近に見られるスペクトルは、Si 基板に由来するスペクトルである。どの膜においても、加熱後の膜では、加熱前に比べ 1360 cm⁻¹ 付近のショルダーピークが顕著になる傾向であった。また、最高加熱温度が高いほど、ショルダーピークが明確に確認できた。DLC 膜のラマンスペクトルにおいては、ショルダーピークが顕著なスペクトルほど、軟質な膜であることが知られていることから、加熱により、Si-DLC 膜中の炭素同士の結合がグラファイト傾向になり、膜が軟質化したと考えられる。加熱前後で、もっともラマンスペクトルの変化が少ないのは、Si を含まない DLC 膜であった。

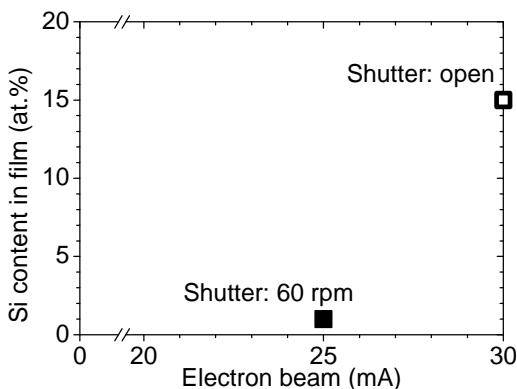


図 3 EB 蒸着を併用して作製した Si-DLC 膜の Si 含有率

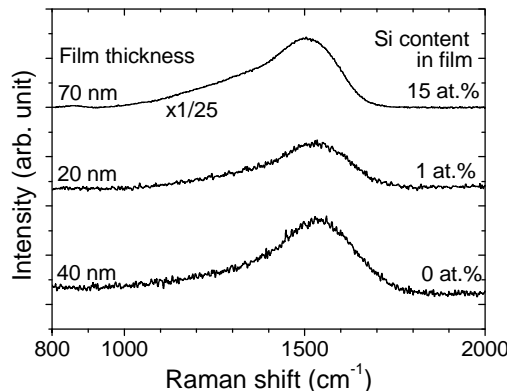


図 4 EB 蒸着を併用して作製した Si-DLC 膜のラマンスペクトル

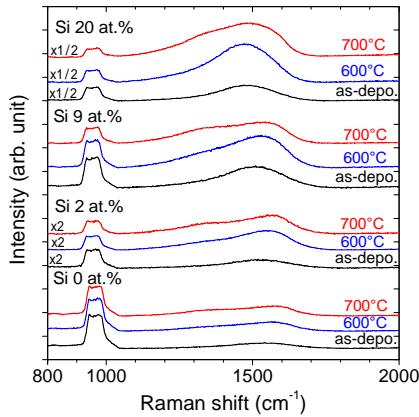


図 5 Si 含有黒鉛ターゲットを用いて作製した Si-DLC 膜の加熱によるラマンスペクトルの変化

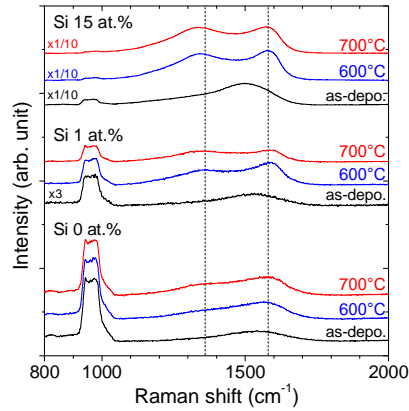


図 6 EB 蒸着源を併用して作製した Si-DLC 膜の加熱によるラマンスペクトルの変化

Si 含有により、DLC 膜の耐熱性が低下した原因として、膜への酸素混入が考えられる。XPS 分析より、Si-DLC 膜中の Si 含有量が増加するほど、O 含有量も増加した。成膜プロセス中に、真空チャンバ中の残留酸素と Si が結合し、Si-DLC 膜中に酸素が取り込まれたと考えられる。DLC 膜中の酸素は、膜の炭素密度を粗密にし、DLC 膜の高密度化を阻害する。

(4) まとめ

FAD 源と EB 蒸着源を併用することで、任意に膜中の Si 含有量を制御可能な新規の水素フリー-DLC 成膜装置を開発した。開発した装置を用いて、硬質な水素フリー-DLC 膜へ Si を混合した Si-DLC 膜を作製した。Si を含まない DLC 膜と、作製した Si-DLC 膜の加熱試験を行い、耐熱性を評価した。作製した Si-DLC 膜は、膜中の Si 含有量が増加するほど軟質化する傾向を示し、Si を含まない DLC 膜より低い耐熱性となった。Si-DLC 膜中には、Si とともに O も検出されたことから、成膜プロセス中に成膜チャンバ内の残留酸素が Si と結合し、Si-DLC 膜へ取り込まれ、Si-DLC 膜の耐熱性を低下させたと考えられた。Si-DLC 膜の形成では、より高真空環境下において成膜プロセスを実施する必要があることが明らかになった。本研究において開発した FAD 源・EB 蒸着源併用成膜装置は、EB 蒸着源の蒸発ターゲット材料を変えることで、様々な固体材料を原料として、任意の異元素含有量を持つ DLC 膜の形成が可能であり、今後の新規 DLC 膜開発において、大いに期待される装置である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Imai, T. Harigai, T. Tanimoto, R. Isono, Y. Iijima, Y. Suda, H. Takikawa, M. Kamiya, M. Taki, Y. Hasegawa, S. Kaneko, S. Kunitsugu, M. Ito	4. 巻 167
2. 論文標題 Hydrogen-free fluorinated DLC films with high hardness prepared by using T-shape filtered arc deposition system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Vacuum	6. 最初と最後の頁 536 ~ 541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.vacuum.2018.07.009	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. Harigai, Y. Miyamoto, M. Yamano, T. Tanimoto, Y. Suda, H. Takikawa, T. Kawano, M. Nishiuchi, H. Sakaki, K. Kondo, S. Kaneko, S. Kunitsugu	4. 巻 Vol. 675
2. 論文標題 Self-supporting tetrahedral amorphous carbon films consisting of multilayered structure prepared using filtered arc deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 123-127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2019.02.022	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. Harigai, K. Tamekuni, Y. Iijima, S. Degai, T. Tanimoto, Y. Suda, H. Takikawa, S. Takago, H. Yasui, S. Kaneko, S. Kunitsugu, H. Habuchi, M. Kamiya, M. Taki, H. Gonda	4. 巻 58
2. 論文標題 Wear-resistive and electrically conductive nitrogen-containing DLC film consisting of ultra-thin multilayers prepared by using filtered arc deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SEED05 ~ SEED05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1472	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 R. Isono, T. Tanimoto, Y. Iijima, T. Harigai, Y. Suda, H. Takikawa, S. Kaneko	4. 巻 8
2. 論文標題 Fabrication of Tungsten Carbide Films by Filtered Pulse Arc Deposition with Cemented Tungsten Carbide Cathodes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 966 ~ 978
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/msa.2017.813071	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 R. Isono, T. Tanimoto, Y. Iijima, S. Aziz Kusumawan, T. Harigai, Y. Suda, H. Takikawa, M. Kamiya, S. Kaneko, S. Kunitsugu, M. Taki	4. 巻 1929
2. 論文標題 Improvement of adhesion of hydrogen-free DLC film by employing an interlayer of tungsten carbide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 020019-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5021932	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 Y. Iijima, T. Harigai, R. Isono, S. Degai, T. Tanimoto, Y. Suda, H. Takikawa, H. Yasui, S. Kaneko, S. Kunitsugu, M. Kamiya, M. Taki	4. 巻 1929
2. 論文標題 Preparation of multi-layer film consisting of hydrogen-free DLC and nitrogen-containing DLC for conductive hard coating	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 020024-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5021937	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 Y. Iijima, T. Harigai, R. Isono, T. Imai, Y. Suda, H. Takikawa, M. Kamiya, M. Taki, Y. Hasegawa, N. Tsuji, S. Kaneko, S. Kunitsugu, H. Habuchi, S. Kiyohara, M. Ito, S. Yick, A. Bendavid, P. Martin	4. 巻 57
2. 論文標題 Fabrication of nitrogen-containing diamond-like carbon film by filtered arc deposition as conductive hard-coating film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 01AE07-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.01AE07/meta	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 該当する

〔学会発表〕 計58件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 S. Kaneko, S. Yasuhara, T. Endo, R. Sudo, T. Tokumasu, K. Satoh, M. Kurouchi, M. Yasui, T. Rachi, S. Tanaka, C. Kato, A. Matsuda, M. Yoshimoto, H. Takikawa
2. 発表標題 New methods for direct growth of graphene on insulator ~ paper, pencil, carbon dioxide ~
3. 学会等名 IUMRS-ICEM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Harigai, M. Yamano, Y. Kondo, F. Yoda, S. Degai, T. Tanimoto, Y. Suda, H. Takikawa, M. Nishiuchi, H. Sakaki, K. Kondo, S. Kaneko, S. Kunitsugu
2. 発表標題 Self-supporting ta-C film consisting of laminated layers prepared using T-shape filtered arc deposition
3. 学会等名 IUMRS-ICEM2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Harigai, Y. Iijima, K. Tamekuni, T. Toya, S. Degai, T. Tanimoto, Y. Suda, H. Takikawa, S. Takago, H. Yasui, S. Kaneko, S. Kunitsugu, H. Habuchi, M. Kamiya, M. Taki, and H. Gonda
2. 発表標題 Preparation of Conductive Hard Film Consisting of Ultra-Thin N-DLC Multilayers
3. 学会等名 2018 International Symposium on Dry Process (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Takikawa, T. Harigai, T. Tanimoto
2. 発表標題 Recent topics of preparation and application of diamond-Like Carbon Film
3. 学会等名 IAPS Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤大洋, 清原修二, 福田京平, 石川一平, 針谷達, 谷本壮, 滝川浩史, 倉島優一
2. 発表標題 UV-PDMSモールド液滴室温リバーサルマイクロコンタクトプリントによるDLCドットアレイの作製
3. 学会等名 日本高専学会第24回年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakul Thanatith, 清原修二, 伊東成留, 石川一平, 滝川浩史, 倉島優一
2. 発表標題 ナノテクノロジー教育のためのポータブル室温ナノインプリントシステムの開発
3. 学会等名 日本高専学会第24回年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉江侑哉, 谷本壮, 爲國公貴, 針谷達, 須田善行, 滝川浩史, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 フィルタードアーク蒸着法を用いて作製したDLC膜の加熱テスト
3. 学会等名 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 依田文徳, 針谷達, 出貝敏, 爲國公貴, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 朝倉義博, 鷹合滋樹, 安井治之, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 T-FADを用いて形成したDLC保護膜による曲げプレス加工時のショックラインの抑制
3. 学会等名 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出貝敏, 針谷達, 爲國公貴, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 権田英修, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 フィルタードアーク蒸着法で形成したDLC膜のレーザー損傷観察
3. 学会等名 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 為國公貴, 針谷 達, 出貝 敏, 谷本 壮, 須田善行, 滝川浩史, 鷹合滋樹, 安井治之, 金子智, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 窒素含有DLC層とW層とから成る周期的積層膜の機械的・電気的特性
3. 学会等名 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 依田文徳, 針谷達, 出貝敏, 為國公貴, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 朝倉義博, 鷹合滋樹, 安井治之, 新部正人, 神田一浩, 神谷雅男, 瀧 真
2. 発表標題 Ni めっき材のプレス加工に適したDLC 保護膜の探究
3. 学会等名 表面技術協会 第138回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 針谷達, 依田文徳, 出貝敏, 為國公貴, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 朝倉義博, 鷹合滋樹, 安井治之, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 めっき金属材の曲げプレス加工傷抑制のためのDLC保護膜
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 杉江侑哉, 谷本壮, 為國公貴, 針谷達, 須田善行, 滝川浩史, 角口公章, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 加熱処理によるダイヤモンドライクカーボン膜の構造変化
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 出貝敏, 針谷達, 爲國公貴, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 権田英修, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 紫外, 可視, および近赤外レーザー照射に対するDLC膜の損傷観察
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 爲國公貴, 針谷達, 出貝敏, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 安井治之, 金子智, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 導電性ハードコーティングに向けた周期的N-DLC/金属積層膜の作製
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 爲國公貴, 針谷達, 出貝敏, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 鷹合滋樹, 安井治之, 金子智, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 周期的N-DLC/WC積層構造を持つ導電性耐摩耗膜の作製
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 2019年

1. 発表者名 杉江侑哉, 戸谷陽文, 谷本壮, 針谷達, 須田善行, 滝川浩史, 神谷雅男, 國次真輔, 金子智, 瀧真
2. 発表標題 フィルタードパルスアーク蒸着法を用いたシリコン含有DLC膜の形成
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 針谷 達, 出貝 敏, 谷本 壮, 須田 善行, 滝川 浩史, 権田 英修, 神谷 雅男, 瀧 真
2. 発表標題 CFRP加工用切削工具へのDLCコーティング
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 伊藤大洋, 清原修二, 石川一平, 針谷達, 谷本壮, 滝川浩史, 倉島優一
2. 発表標題 超音波液滴室温ナノインプリントによるDLCドットアレイの作製
3. 学会等名 平成30年度電気学会関西支部高専卒業研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Harigai, Y. Fujii, S. Degai, T. Imai, Y. Suda, H. Takikawa, H. Tanoue, M. Kamiya, S. Kaneko, Y. Haruyuki, S. Kunitsugu, M. Kawaguchi, K. Miura
2. 発表標題 Dependence of self-heating on DLC film properties in filtered arc deposition system
3. 学会等名 ISSP2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Tanimoto, T. Imai, T. Harigai, R. Isono, Y. Iijima, Y. Suda, H. Takikawa, M. kamiya, M. Taki, Y. Hasegawa, N. Tusji, S. Kaneko, S. Kunitsugu, M. Ito
2. 発表標題 Hydrogen-free fluorinated DLC films prepared by filtered arc deposition system
3. 学会等名 ISAPS 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Harigai, T. Imai, Y. Suda, H. Takikawa, M. Kamiya, S. Kaneko, S. Kunitsugu, N. Niibe, K. Kanda
2. 発表標題 Classification of Hydrogen-Free and Hydrogenated DLC Films Prepared by Filtered Arc Deposition
3. 学会等名 IUMRS-ICAM 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Iijima, T. Harigai, R. Isono, S. Degai, T. Tanimoto, Y. Suda, H. Takikawa, H. Yasui, S. Kaneko, S. Kunitsugu, M. Kamiya, M. Taki
2. 発表標題 Preparation of multilayer film consisted of hydrogen-free DLC and nitrogen-containing DLC for conductive hard coating
3. 学会等名 The Irago Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Tanimoto, I. Fujita, Y. Kondo, T. Harigai, Y. Suda, H. Takikawa, H. Gonda, Y. Hadano, M. Kamiya
2. 発表標題 Influence of Substrate Bias of DLC Film prepared by Pulse Arc Jet Plasma
3. 学会等名 ISPlasma2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 滝川 浩史
2. 発表標題 DLC膜の分類と フィルタードアークで作る高品位DLC膜
3. 学会等名 第 50 回ドライコーティング研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 滝川 浩史
2. 発表標題 ダイヤモンドライクカーボン膜， その作り方と光学特性他諸特性
3. 学会等名 2017年度第2回光学薄膜研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 滝川 浩史
2. 発表標題 DLCの特徴， つくり方， 応用
3. 学会等名 第52回熱処理研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 滝川 浩史
2. 発表標題 DLC膜の特性， 作り方， 応用例
3. 学会等名 第11回マイクロナノ加工研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 滝川 浩史
2. 発表標題 DLC膜の分類， 特性， 加工具保護膜への応用
3. 学会等名 第64回生産加工研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田圭汰, 清原修二, 石川一平, 筒井舜平, 針谷達, 谷本壮, 滝川浩史
2. 発表標題 液滴室温リパーサマルマイクロコンタクトプリントによるDLCドットアレイの作製
3. 学会等名 精密工学会2017年度関西地方定期学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出貝敏, 飯島佑史, 針谷達, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 榎田英修, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 ダイヤコート工具へのT-FADを用いたDLC均一成膜とその表面観察
3. 学会等名 平成29年度電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 飯島佑史, 磯野凌, 出貝敏, 針谷達, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 安井治之, 金子智, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 水素フリーDLCと窒素含有DLCとの交互積層膜の作製と耐摩擦摩耗性
3. 学会等名 平成29年度電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 飯島佑史, 磯野凌, 出貝敏, 針谷達, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 安井治之, 金子智, 國次真輔, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 積層DLC/N-DLC膜の電気抵抗率および摩擦係数
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出貝敏, 飯島佑史, 針谷達, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 権田英修, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 ダイヤコーティング工具への各種DLC膜のオーバーコート
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 筒井舜平, 清原修二, 石川一平, 針谷達, 谷本壮, 滝川浩史, 倉島優一
2. 発表標題 UV-PDMSモールドを用いた液滴室温リバーサルマイクロ コンタクトプリントによるDLCドットアレイの作製
3. 学会等名 平成29年度高専研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 依田文徳, 針谷達, 出貝敏, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 朝倉義博, 安井治之, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 Niめっき部品の曲げプレス加工用金型に適したDLC保護膜の形成
3. 学会等名 表面技術協会 第137回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出貝敏, 針谷達, 谷本壮, 須田善行, 滝川浩史, 権田英修, 神谷雅男, 瀧真
2. 発表標題 紫外, 緑, および近赤外レーザーを用いた水素フリーおよび水素含有DLC膜のラマン分光分析
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 滝川浩史 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 1096
3. 書名 最新 実用真空技術総覧 アークイオンプレーティング	

〔産業財産権〕

〔その他〕

プラズマエネルギーシステム研究室 http://www.pes.ee.tut.ac.jp/

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	清原 修二 (Kiyohara Shuji) (40299326)	舞鶴工業高等専門学校・その他部局等・准教授 (54301)	
研究分担者	金子 智 (Kaneko Satoru) (40426359)	地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所・電子技術 部・グループリーダー (82718)	