

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02406

研究課題名(和文) アダマント薄膜の体系化と超高機能メカニカルコーティングの実現

研究課題名(英文) Systematization of Adamant Thin Films and Fabrication of High-Functional Mechanical Coatings

研究代表者

大竹 尚登 (Ohtake, Naoto)

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授

研究者番号：40213756

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,920,000円

研究成果の概要(和文)：ホウ素・炭素・窒素からなるアダマント膜を体系化し、超耐摩耗性と防汚性を合わせ持つメカニカルコーティングを実現することを目的として、薄膜の組成と機械的特性の関係をB-C-N三元図上で体系化した結果、a-BCN膜の炭素含有量の機械的特性への寄与が大きく、C含有量が50 at.%を下回ると耐摩耗性特性が大幅に低下するが、逆に耐熱性は向上することが示唆された。そしてB及びNの含有量を微量に制御することでDLC膜より耐摩耗性に優れることが明らかになった。さらに微量のBを含むアモルファス炭素膜は、血小板の付着も少なかった。これは今後の耐摩耗性コーティング設計の新たな指針を与える知見である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素を始めとする結晶のアダマント材料は、極めて高い機械的特性を有することが知られている反面、アモルファスアダマント材料についての系統的な特性把握は行われていなかった。本研究でホウ素・炭素・窒素からなるアダマント膜を三元図上で体系化したことは、学術的に大きい意義のあるものといえる。さらに、膜の機械的特性が炭素量と大きく関係し、Bを微量(～2.5 at.%)に制御することで、比摩耗量がC100%の場合よりも低く、かつ血小板の付着も低いことが明らかになり、今後の耐摩耗性コーティング設計の新たな指針を与える知見を得ることが出来たのは、社会的に意義のある研究結果である。

研究成果の概要(英文)：This research aims to develop novel mechanical coating materials consisting of carbon, boron and nitrogen, which is named "adamant" thin film coatings. Ternary diagram was described using measured data set of mechanical properties of various adamant films, and systematization of adamant films is performed on the diagram. Carbon contents has significant influence for the mechanical properties of adamant films. Nanoindentation hardness of the film sharply decreased when the carbon content exceeds 50at.%. In contrast, the thermal resistivity of the film was improved by decreasing the carbon content. It is interesting result that the wear resistance improves when small amount of B was added in DLC film. Moreover, adhesion of platelet was suppressed on the B containing amorphous carbon films. These results lead us to open novel mechanical coatings using adamant materials.

研究分野：機械材料・材料加工

キーワード：構造・機能材料 材料加工・処理 薄膜 プラズマ加工 アダマント

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球環境に調和した科学技術の発展が強く求められている現在、全世界で1年に数十兆円にもものぼると言われている摩擦損失によって失われるエネルギーを低減することは極めて重要な課題である。さらに理想のメカニカルコーティングを追求する段階において、防汚性および耐熱性は、耐摩耗性ととも重要な課題であり、自動車、建築物、モバイル機器等の例を提示するまでもなく、高可視光透過性を有し、汚れも付着しない高耐熱・高耐摩耗性コーティングの要求は大きい。しかし、既存の薄膜材料ではその実現は困難であり、候補の筆頭であるダイヤモンドは、大面積に低温で作製できず耐熱性に欠点がある。理想のメカニカルコーティングを得るためには、表面を構成する材料として新たな材料を提案し、科学的根拠に基づいて当該材料を体系化した上で、従来法に拘泥しないものづくりプロセス技術を融合した新表面創成法を開発することが必要である。

アダマント材料とは、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素 (c-BN)、ダイヤモンド状炭素など、原子同士の sp^3 結合による強固な共有結合性を有する低元素結晶及びアモルファス材料であり、ナノメートルスケールで構造が制御され、機械的には地球上で最も硬質・耐摩耗性を有する特徴がある。アダマント材料のひとつである窒化炭素は、分子軌道法によりダイヤモンドより硬いと予測され (A. Y. Liu and M. L. Cohen: *Science*, 245, (1989) 841.)、また窒化炭素膜は窒素雰囲気中で 0.005 の超低摩擦係数を発現することで (K. Adachi *et al.*, *Tribology and Interface Eng. Series*, 48(2005), 673.) 材料研究者の注目を集めている。

本研究は、アダマント薄膜体系化と、それに基づく超高機能メカニカルコーティングの実現に挑戦する。結晶のアダマントについては三元系状態図 (図1) が示されているが、実は炭素は sp^3 結合を仮定しているのに対し、実際に合成され実用化される薄膜は無定形であり、炭素について sp^2 結合比率 100~0%を考慮する必要がある。この sp^2 結合比率を考慮して体系化する試みは全くなく、アダマント薄膜体系化についての学術的検討は、理想のメカニカルコーティング実現のために不可避の重要課題である。

そこで申請者らは、これまでに培ったダイヤモンド合成 (N. Ohtake, M. Yoshikawa: *J. Electrochem. Soc.*, 137 (1990) 717 など)、BC 膜合成

(S. Liza, N. Ohtake, *et al.*: *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 16(2015), 35007 など)、BCN 膜合成 (百瀬英明, 大竹尚登ほか: *日本機械学会誌(C 編)*, 68 (2002), 1562)、DLC 膜合成 (S. Kondo, S. Liza, N. Ohtake *et al.*: *Surf. Coat. Technol.*, 278(2015), 71. など) の知識と経験を結集し、新薄膜成長法の開発と膜生成過程の解明により未知のアダマント薄膜体系化に取り組み、超耐摩耗性と耐熱性、防汚性を合わせ持つ理想のメカニカルコーティングを実現し社会に貢献することを企図した。

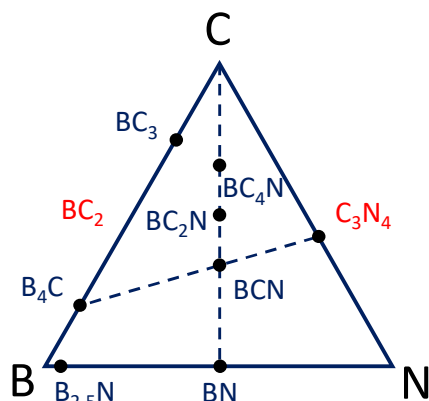


図1 結晶アダマントの3元系状態図

2. 研究の目的

本研究は、アダマント薄膜を体系化し超高機能メカニカルコーティングを実現することを目的とする。ホウ素、炭素、窒素の共有結合からなるアダマント材料は高い機械的特性を有し、特にアモルファスアダマントは未来のコーティング材料としての期待が大きい。個々に研究がなされ、薄膜構造と発現機能との関係が体系化されていない。本研究は、ホウ素・炭素・窒素イオンのエネルギーを制御できるパルスアーク放電とマグネトロンスパッタ法からなる、新薄膜

成長法を開発し、その場発光分光分析とその場イオン種分析を両輪として膜生成過程を明らかにした上で、アダマント膜の機能発現と構造との関係を明らかにしながら薄膜材料として体系化し、超耐摩耗性と防汚性を合わせ持つ理想のメカニカルコーティングを実現するものである。

3. 研究の方法

グラファイトおよび B ドープしたグラファイトのアーカ蒸着と h-BN のマグネトロンスパッタを重畳させた新規のアダマント薄膜合成装置を開発し、両者を重畳させることで B:C:N の比を変化させてアダマント膜の成膜実験を行い、ナノインデンテーション硬さ、耐熱性と膜を構成する元素の化学結合との関係を調べた。B:C:N 比は、図 2 に示すように全てのサンプルを X 線光電子分光 (XPS) で調べた。そしてアモルファス薄膜材料としてのアダマントを B-C-N の三元図上で体系化した。研究 3 年度以降は、体系化の中で気づきを得て、極めて少量の B を高 sp^3 比の炭素骨格に導入したアモルファス膜を作製し、機械的特性をナノインデンテーション等により精査し、トライボロジー特性をボールオンディスク試験機で調べることによって、最も耐摩耗性の高いメカニカルコーティングを探索した。最後に、本成果を基に、膜の表面にテクスチャを付与することにより、1~2 GPa の高面圧下で砂等が潤滑油に存在するような、過酷環境下での摺動に耐えるスーパーメカニカルコーティングを実現した。

黒鉛を原料として C⁺イオンから膜を形成するフィルタードカソードイックアーカ蒸着法およびトリメチルボラジンを原料とした RF プラズマ CVD 法による成膜装置を開発して、B:C:N の探索範囲を十分広い領域とするとともに、基板温度の影響について考察し、アダマント膜の機能発現と構造との関係を明らかにしながらアモルファス薄膜材料

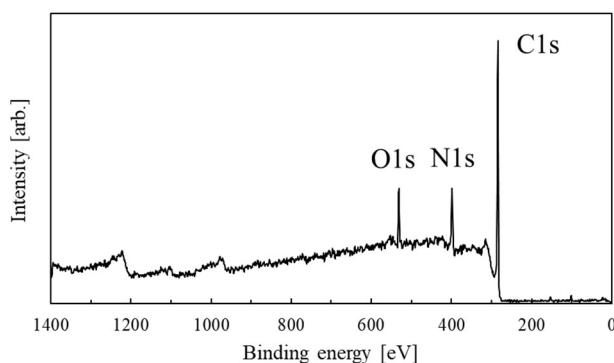


図 2 アダマント薄膜の XPS スペクトルの例

としてアダマントを B-C-N の三元図上で体系化した。基材温度の影響について、アダマント薄膜の前駆体は、アモルファスシリコンの前駆体 (主に SiH_3) と比較して室温での表面拡散距離が短く、基材温度を上昇させることで表面反応が変化しやすい。そこで基材温度を室温から 600°C まで変化させ、生成過程への影響を考察することで、アダマント薄膜の体系化に繋げた。

4. 研究成果

まず、真空アーカ蒸着法とマグネトロンスパッタリング法によりアダマント薄膜を成膜する装置を開発した。図 3 にその概略図を示す。数多の実験を通じてその体系化を行った結果、図 4 に示すように、アダマント薄膜の元素組成比、構造および機械的特性の評価を行った。得られた知見を以下に示す。

- ・窒素/アルゴン雰囲気中で真空アーカ蒸着法により炭素を照射すると、膜に C-N 結合、C=N 結合を有する a-CN 膜が合成される。また窒素ガスの流量比の増加に伴い、膜中の窒素含有量は 20 at.% まで増加するが、それに伴って機械的特性は低下する。

- ・ホウ素及び窒素の含有量を微量 (~2.5 at.%) に制御することで DLC 膜と同等の機械的特性を有し、耐摩耗性に優れた膜の合成が可能であることが示唆された。総括した結果を図 5 に示す。これは、今後の耐摩耗性コーティング設計の新たな指針を与える知見である。

・ボラジン系誘導体と炭化水素
 ガスを用い、14.4kHzの直流パ
 ルスプラズマCVD法により、
 BCN:H膜を作成することが出
 来た。この原料は、 B_2H_6 、 NH_3
 等の有毒かつ危険性の高い原料
 ガスを利用せずにCVD法によ
 りアダマント膜を作製する際に
 有効な手段として研究分担者の
 赤坂が考案したものであり、ア
 ダマント膜を体系化する際に、
 膜が水素化しているとどのよう
 に特性が変化するかを、物理気

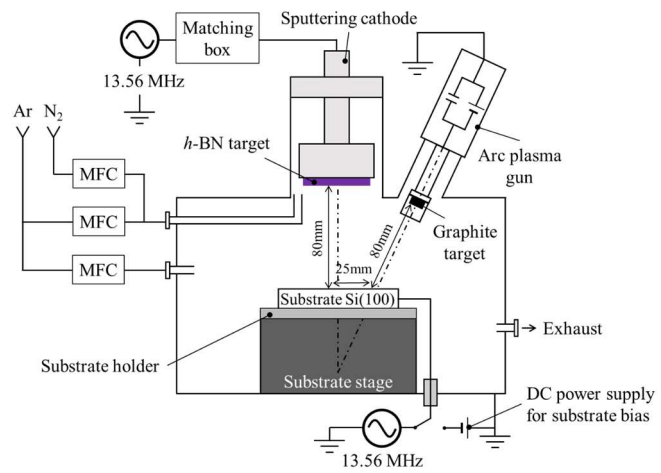


図3 開発したアダマント薄膜作製装置

相成長法で作製した膜と比較しながら明らかにすることで、より汎用性の高い体系化を可能とする特徴を有する。機械的特性は物理気相成長法による膜に劣るものの、摩擦時には DLC vs. DLC と比較して DLC vs. a-BCN:H の比摩擦量が低くなる興味深い現象がみられた。

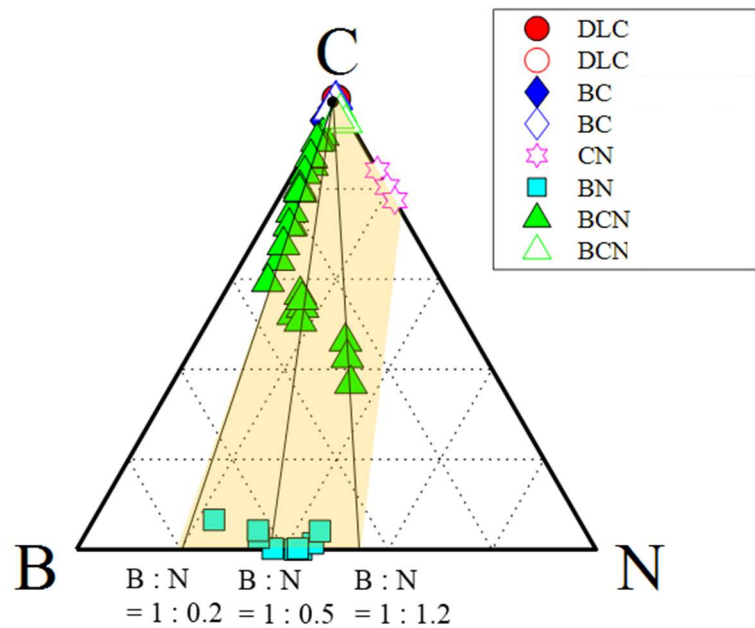


図4 本研究で得られたアダマント膜の総括

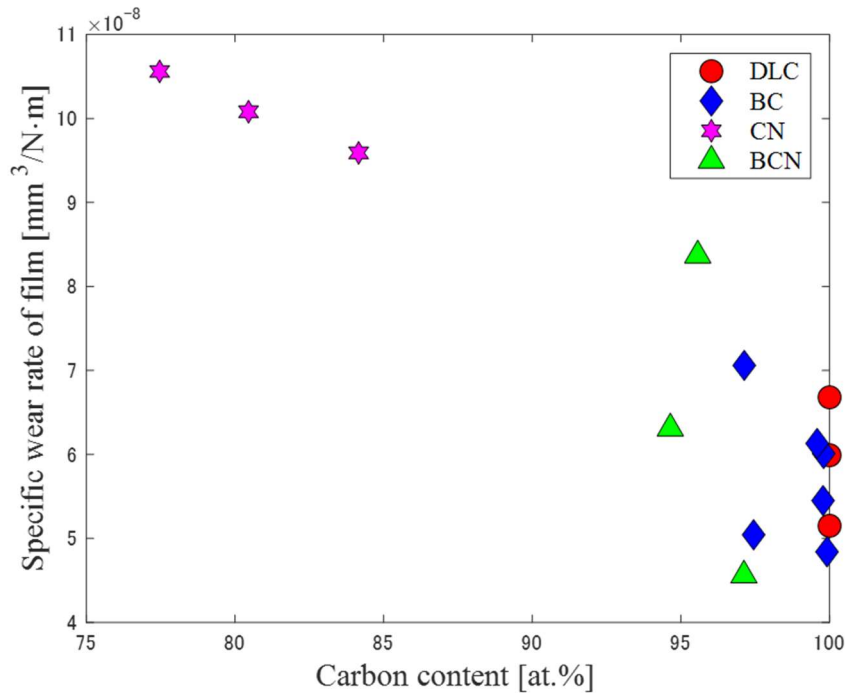


図5 アダマント膜の比摩耗量と炭素含有量との関係の総括

・B-C-N系のアダマント薄膜の組成および機械的特性の相関関係についてB-C-N三元図上で体系化を行った結果、真空アーク蒸着法とマグネトロンスパッタリング法により作製されるアダマント薄膜の機械的特性が膜の炭素含有量に依存していることが明らかとなった。またa-BCN膜の炭素含有量は、膜の機械的特性に寄与し、炭素含有量が50 at.%を下回るとトライボロジー特性が大幅に低下するが耐熱性は向上し、DLC膜から窒化ホウ素膜に類似した特性に変化していくことが示唆された。

・B-C-N系のアダマント薄膜の機械的特性を向上させるためには、 sp^3 構造を膜中に形成させることが必要である。そのためには、よりイオンに高エネルギーを付与するためアークプラズマガンの放電周期と同期した基板バイアスの印加および表面拡散を促進させるため本研究よりも高温下(410°C以上)での成膜が必要である。また、ホウ素を多く含んだ膜は小さな穴を起点に水和物が生成され、膜の剥離が進行するため、膜の品質を向上させるためにも、ドロップレットを低減させる試みが必要である。

・Ti及びTiNb基板上にアダマント薄膜をコーティングし、東京医科歯科大学の協力を得て血小板の付着を調べた結果、アダマント薄膜をコーティングすることにより付着量は大きく減少し、0.03 B/Cのa-BC:H膜の付着量が最も低かった。先述の通り、微量のB添加は、アモルファス炭素膜の耐摩耗性の向上にも資することがわかっており、防汚性の観点においても微量のB添加が有効であることが示されたことから、今後期待される超高機能メカニカルコーティングを提案することが出来たと考える。

・さらに過酷環境下で使用される歯車などの機械部品や建設機械の摺動部品は、高負荷や高速、砂塵の介在する環境下での摺動によって異常摩耗や焼付きが生じることが問題視されている。そこでテクスチャ構造に着目して、高耐摩耗性、高耐焼き付き性を有するアダマント膜であるta-C膜とテクスチャ構造(250 μm \times 250 μm , 溝幅30 μm の基盤の目形状)を併用することで、高負荷、高回転条件下において良好なトライボロジー特性を有する表面設計法を提案し、往復摺動試験によりその有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Jumpei Nishikawa, Naoki Sugihara, Masayuki Nakano, Junko Hieda, Naoto Ohtake, Hiroki Akasaka	4. 巻 90
2. 論文標題 Effect of Si incorporation on corrosion resistance of hydrogenated amorphous carbon film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 207-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.diamond.2018.10.017	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 Junko Hieda, Akira Sakaguchi, Masayuki Nakano, Hiroki Akasaka, Naoto Ohtake	4. 巻 465
2. 論文標題 Relationships between surface energy and charge of surface-modified titanium and HAp formation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 509-516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2018.09.162	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 大竹尚登	4. 巻 365
2. 論文標題 DLCの規格化と応用の動向	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊トライボロジー	6. 最初と最後の頁 30-32
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 大竹尚登	4. 巻 47
2. 論文標題 カーボン膜の分類	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 メカニカル・サーフェス・テック	6. 最初と最後の頁 30-32
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 Shahira Liza, Junko Hieda, Hiroki Akasaka, Naoto Ohtake, Yusuke Tsutsumi, Akiko Nagai & Takao Hanawa	4. 巻 18
2. 論文標題 Deposition of boron doped DLC films on TiNb and characterization of their mechanical properties and blood compatibility	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 76-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2016.1262196	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 該当する

[学会発表] 計32件(うち招待講演 6件/うち国際学会 13件)

1. 発表者名 竹内亮太郎, 岩本喜直, 河越雅雄, 谷口紘章, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 物理気相成長法を用いたa-BCN膜の作製と評価
3. 学会等名 2019年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大澤卓也, 江山雄哉, 松尾 誠, 山本 浩, 田中真二, 菊池雅男, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 過酷環境下における耐摩耗性向上のための表面デザイン
3. 学会等名 2019年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuya Osawa, Yuya Eyama, Makoto Matsuo, Hiroshi Yamamoto, Shinji Tanaka, Masao Kikuchi, Yuki Hirata, Hiroki Akasaka, Naoto Ohtake
2. 発表標題 DESIGN OF DIAMOND-LIKE CARBON COATINGS FOR SEVERE ENVIRONMENT USE
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun Enomoto, Yuki Hirata, Hiroki Akasaka, Naoto Ohtake
2. 発表標題 FABRICATION OF ANTI-STICKING DIAMOND-LIKE CARBON COATINGS
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki Taniguchi, Yoshinao Iwamoto, Masao Kawagoe, Ryotaro Takeuchi, Yuki Hirata, Hiroki Akasaka, Naoto Ohtake
2. 発表標題 DEPOSITION OF a-BCN FILMS AND EVALUATION OF ITS MECHANICAL PROPERTIES
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keitaro Takenami, Ryota Takamura, Yuki Hirata, Hiroki Akasaka, NAOTO OHTAKE
2. 発表標題 DEPOSITION OF DLC FILMS ONTO INNER WALL OF METAL TUBES BY NANOPULSE PLASMA CVD
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Suzuki, Tetsuya Yamamoto, Yuki Hirata, Naoto Ohtake, Hiroki Akasaka
2. 発表標題 Tribological Properties of a-BCN:H on Ball against DLC films in high humidity air
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saaya Matsubara, Tetsuya Yamamoto, Yuki Hirata, Naoto Ohtake, Hiroki Akasaka
2. 発表標題 Effects of deposition condition of a-BCN:H films from tri-methyl-borazine on true densities
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Sugihara, Naoto Ohtake, Hiroki Akasaka
2. 発表標題 Long Term investigation of Corrosion Resistance on the Diamond-Like Carbon films using SPR Phenomenon
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sarayut Tunmee, Chanan Euaruksakul, Ukit Rittihong, Hiroki Akasaka, Hideki Nakajima, Naoto Ohtake, Hidetoshi Saitoh
2. 発表標題 In Situ NEXAFS Study on sp ² /sp ³ ratio Diamond-like Carbon films at various temperature
3. 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing(ASMP2018). (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuya Eyama, Takuya Osawa, Hiroshi Yamamoto, Shinji Tanaka, Masao Kikuchi, Hiroki Akasaka, Naoto Ohtake
2. 発表標題 Effect of corner radius of textured-DLC coatings on wear resistance of stainless plate under severe conditions
3. 学会等名 17th International Conference on Precision Engineering. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎本隼, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 高剥離性と耐摩耗性を有するDLCコーティングの提案
3. 学会等名 第26回機械材料・材料技術講演会 (M&P2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内亮太郎, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 物理気相成長法を用いたa-BCN膜の作製と評価
3. 学会等名 第32回ダイヤモンドシンポジウム講演要旨集.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉原直樹, 平田祐樹, 大竹尚登, 赤坂大樹
2. 発表標題 表面プラズモン共鳴現象を利用したアモルファス炭素膜の腐食の長期評価法の開発
3. 学会等名 第32回ダイヤモンドシンポジウム講演要旨集.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎本隼, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 高剥離性と耐摩耗性を兼ね備えたDLCコーティングの提案
3. 学会等名 第32回ダイヤモンドシンポジウム講演要旨集.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹波慶太郎, 高村瞭太, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 ナノパルスプラズマCVDによる金属円管内へのDLC成膜
3. 学会等名 第32回ダイヤモンドシンポジウム講演要旨集.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大澤卓也, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 コンタミダスト混入に対して耐久性を有するDLCを用いた摺動表面設計
3. 学会等名 第9回トライボロジー秋の学校 in 愛知
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎本隼, 平田祐樹, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 DLC膜への剥離性の付与
3. 学会等名 第9回トライボロジー秋の学校 in 愛知
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松原 沙彩, 山本 哲也, 大竹 尚登, 平田 祐樹, 赤坂 大樹
2. 発表標題 トリメチルボラジンから作製したa-BCN:H膜の摺動特性
3. 学会等名 第9回トライボロジー秋の学校 in 愛知
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 NAOTO OHTAKE
2. 発表標題 Deposition and Characterization of Diamond-like Carbon Films
3. 学会等名 13th International Workshop on Biomaterials in Interface Science. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jumpei Nishikawa, Naoki Sugihara, Naoto Ohtake, Hiroki Akasaka
2. 発表標題 Investigation of Corrosion Resistance on the Si Doped Diamond-Like Carbon Films Using SPR Phenomenon
3. 学会等名 12th New Diamond and Nano Carbons Conference (NDNC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 NAOTO OHTAKE
2. 発表標題 Trends on Application and Classification of Diamond-like Carbon Films
3. 学会等名 TTRF-TAIHO Int. Symp. on Automotive Tribology 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shahira Liza, 谷口紘章, 稗田純子, 赤坂大樹, 大竹尚登
2. 発表標題 TiNb合金へのホウ素含有DLC膜の作製とその機械的特性および抗血栓性の評価
3. 学会等名 2017年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河越雅雄, 今野敬士, 赤坂大樹, 大竹尚登, 菊池雅男, 山本浩
2. 発表標題 異物混入時の摩耗現象の把握と耐摩耗表面処理法の開発
3. 学会等名 2017年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大竹尚登
2. 発表標題 DLCコーティング技術を取り巻く現状
3. 学会等名 平成29年度第2回表面物性研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大竹尚登
2. 発表標題 DLCの国際標準化 - カーボン膜の分類規格を中心として -
3. 学会等名 一般社団法人DLC工業会設立記念講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木 啓介, 山本 哲也, 大竹 尚登, 赤坂 大樹
2. 発表標題 DLC膜とa-BCN:H膜の摺動特性におけるホウ素濃度の影響
3. 学会等名 第31回ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松原 沙彩, 河越 奈沙, 山本 哲也, 大竹 尚登, 赤坂 大樹
2. 発表標題 トリメチルボラジンからのa-BCN:H膜の作製と作製時の条件が密度に与える影響
3. 学会等名 第31回ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keisuke Suzuki, Nasa Kawagoshi, Tetsuya Yamamoto, Naoto Ohtake, Hiroki
2. 発表標題 Deposition of a BCN: H and DLC films on ball and their tribological properties
3. 学会等名 6th JSME/ASME 2017 International Conference on Materials and Processing (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大竹尚登
2. 発表標題 DLC 膜の構造と分類
3. 学会等名 第77回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大竹尚登
2. 発表標題 DLCコーティングの基礎と応用
3. 学会等名 表面技術協会材料機能ドライプロセス部会第100回例会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 河越 奈沙, 山本 哲也, 大竹 尚登, 赤坂 大樹
2. 発表標題 球表面へ形成したDLC膜に対するa-BCN:H膜の摩擦係数
3. 学会等名 第77回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2016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	稗田 純子 (Hieda Junko) (40566717)	名古屋大学・工学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	赤坂 大樹 (Akaska Hiroki) (80500983)	東京工業大学・工学院・准教授 (12608)	
研究分担者	平田 祐樹 (Hirata Yuki) (90779068)	東京工業大学・工学院・助教 (12608)	