

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年1月30日(30.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/022453 A1

(51) 国際特許分類:
H02N 1/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/029279

(22) 国際出願日: 2019年7月25日(25.07.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-139544 2018年7月25日(25.07.2018) JP

(71) 出願人: 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 崔 ▲ ジュン ▼ 豪 (CHOI Junho); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 清水 純

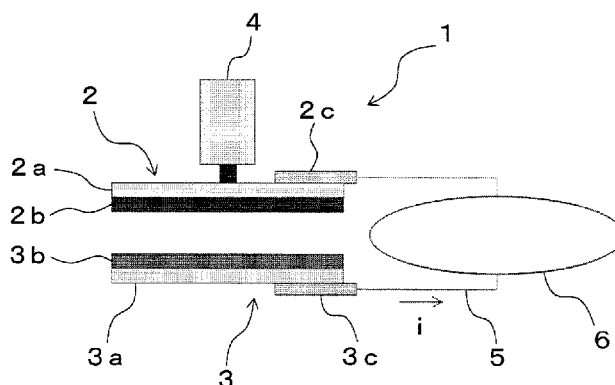
(SHIMIZU Jun); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). チェン ウェハン(CHEN Weihang); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 成瀬 重雄(NARUSE Shigeo); 〒1040061 東京都中央区銀座3丁目14番1号 銀座三丁目ビル8階 成瀬・清水特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: TRIBOELECTRIC POWER GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 摩擦発電装置



(57) Abstract: The present invention increases the durability of charged bodies against wear, keeps energy loss resulting from the rubbing of charged bodies at a low amount, and increases power generation efficiency in a triboelectric power generation device in which power is generated by rubbing a plurality of charged bodies against each other. This triboelectric power generation device 1 generates power by causing a first charged body 2 and a second charged body 3 to rub against each other. The part of the first charged body 2 in which rubbing is performed with the second charged body 3 is configured from an amorphous carbon film 2b. The amorphous carbon film 2b in the first charged body 2 may be DLC.

(57) 要約: 複数の帯電体を互いに摩擦させることで発電を行う摩擦発電装置において、摩耗に対する帯電体の耐久性を高め、帯電体の摩擦によるエネルギー損失を低く抑えて発電効率を高める。摩擦発電装置1は、第1帯電体2と第2帯電体3とを互いに摩擦させることで発電を行う。第1帯電体2において、第2帯電体3との間で摩擦が行われる部分は非晶質炭素膜2bにより構成されている。第1帯電体2において、非晶質炭素膜2bはDLCであってもよい。

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：摩擦発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、複数の帯電体を互いに摩擦させることで発電を行う摩擦発電装置に関するものである。

背景技術

[0002] 摩擦発電装置とは、複数の帯電体を互いに摩擦させることで発電を行う装置である。摩擦発電装置は、他の発電方式の発電装置に比較して小型化することができ、また、蓄電池に比較して低コストで製造することができる利点を有する。摩擦発電装置は、これらの利点を活かし、近年ではモバイル装置（持ち運び可能な装置）及びウェアラブル装置（身体に身に付けることが可能な装置）の電源として使用されている。

[0003] 摩擦発電装置には、接触・離隔型と摺動型とが存在している。例えば、特許文献1に示される摩擦発電装置（同文献の図8に示される装置）は、第1電極に設けられた第1エネルギー発生層（第1帯電体）と、第2電極に設けられた第2エネルギー発生層（第2帯電体）とを備え、第1エネルギー発生層と第2エネルギー発生層との接触・離隔により電気エネルギーを発生させる接触・離隔型である。さらに、特許文献2に示される摩擦発電装置（同文献の図1に示される装置）は、導電素子が設けられた第1の摩擦層（第1帯電体）と、導電素子が設けられた第2の摩擦層（第2帯電体）とを備え、第1の摩擦層と第2の摩擦層とが互いに接触した状態で相対的にスライドし、このスライドによる摩擦発電を行う摺動型である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-208816号公報

特許文献2：特表2016-510205号公報

[0005] しかし、上記特許文献1及び2に記載の発明では、第1帯電体及び第2帯

電体の摩擦により両帯電体が摩耗するおそれがあり、当該摩耗に対する帯電体の耐久性を高める必要がある。さらに、上記特許文献1及び2に記載の発明では、両帯電体間の摩擦によりエネルギー損失（当該摩擦により生じたエネルギーが電気エネルギー以外のエネルギーに変換されること）が生じるため、当該摩擦によるエネルギー損失を低く抑えて発電効率を高める必要がある。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] そこで、本発明は、複数の帯電体を互いに摩擦させることで発電を行う摩擦発電装置において、（a）摩耗に対する帯電体の耐久性を高め、（b）帯電体の摩擦によるエネルギー損失を低く抑えて発電効率を高めることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0007] 上記課題を解決するため、本発明は、第1帯電体と第2帯電体とを互いに摩擦させることで発電を行う摩擦発電装置であって、前記第1帯電体において、前記第2帯電体との間で前記摩擦が行われる部分が非晶質炭素膜により構成されていることを特徴とする。
- [0008] 本発明によれば、第1帯電体において第2帯電体との間で摩擦が行われる部分が非晶質炭素膜により構成されていることで、第1帯電体において低摩擦性を有する非晶質炭素膜が第2帯電体と摩擦するため、第1帯電体と第2帯電体との間で強い摩擦力が生じるのを抑制することができる。このため、当該摩擦力により第1帯電体及び第2帯電体に摩耗が生じるのを防止することができ、摩耗に対する第1帯電体及び第2帯電体の耐久性を高めることができる。
- [0009] また、本発明によれば、第1帯電体において第2帯電体との間で摩擦が行われる部分が非晶質炭素膜により構成されていることで、第1帯電体において低摩擦性を有する非晶質炭素膜が第2帯電体と摩擦するため、第1帯電体と第2帯電体との間で強い摩擦力が生じるのを抑制することができる。これ

により、当該摩擦力により電気エネルギー以外のエネルギーが生じるのを抑制することができ、エネルギー損失を低く抑えて発電効率を高めることができる。

[0010] さらに、上記摩擦発電装置は、前記第1帯電体において、前記非晶質炭素膜がDLCであってもよい。このように、非晶質炭素膜の中でも黒鉛よりダイヤモンドに近い特性を有する膜(DLC)を使用することで、導電性が低いため帯電性能が高いというダイヤモンドの性質を有効に利用し、発電効率をさらに高めることができる。さらに、摩擦されている間において摩擦係数が小さい状態で安定するというDLCの特性を活かし、第1帯電体及び第2帯電体の摩耗耐久性を安定して高く維持することができる。

[0011] さらに、上記摩擦発電装置において、前記第2帯電体はDLCで構成されており、前記第1帯電体を構成するDLCと前記第2帯電体を構成するDLCとの間で前記摩擦が行われ、前記第1帯電体を構成するDLCの構造式と前記第2帯電体を構成するDLCの構造式とは、互いに異なってもよい。このように、第1帯電体を構成するDLCと第2帯電体を構成するDLCとの間で摩擦が行われることで、第1帯電体及び第2帯電体のいずれか一方のみをDLCで構成する場合に比較して、DLCの利点を十分に享受することができる。その上で、第1帯電体を構成するDLCの構造式と第2帯電体を構成するDLCの構造式とが互いに異なっていることで、これらDLCの電荷発現傾向を異ならせて第1帯電体と第2帯電体との間の摩擦発電効果を高めることができる。

[0012] また、上記摩擦発電装置において、前記第1帯電体を構成するDLCの構造式と前記第2帯電体を構成するDLCの構造式には、炭素以外の元素であって互いに異なるものがそれぞれ含まれていてもよい。これにより、第1帯電体を構成するDLCと第2帯電体を構成するDLCとの電荷発現傾向を大きく異ならせることができ、第1帯電体と第2帯電体とによる摩擦発電効果をさらに高めることができる。

[0013] また、上記摩擦発電装置において、前記第1帯電体は、前記第2帯電体の

表面上を摺動することで、前記第2帯電体との間で前記摩擦を行う構成とされていてもよい。これにより、第1帯電体と第2帯電体との摩擦による両帯電体の摩耗を非晶質炭素膜により防止できる利点を活かし、第1帯電体の摺動により高い発電効率を実現することが容易となる。

発明の効果

[0014] 以上のように、本発明によれば、複数の帯電体を互いに摩擦させることで発電を行う摩擦発電装置において、(a) 摩耗に対する帯電体の耐久性を高め、(b) 帯電体の摩擦によるエネルギー損失を低く抑えて発電効率を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明に係る摩擦発電装置の第1実施形態を示す全体構成図である。
[図2]図1に示す摩擦発電装置の試験例における結果を示すグラフである。
[図3]図1に示す摩擦発電装置の試験例において帯電体にDLCを形成するための成膜条件を示す表である。
[図4]本発明に係る摩擦発電装置の第2実施形態を示す全体構成図である。
[図5]図2に示す種々の帯電ペアの摩擦特性を評価するための試験条件を示す図及び表である。
[図6]図2に示す種々の帯電ペアの摩擦評価における結果を示すグラフ及び表である。
[図7]図4に示す摩擦発電装置における試験条件を示す図及び表である。
[図8]図7に示す摩擦発電試験における結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0016] 次に、本発明を実施するための形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0017] まず、本発明に係る摩擦発電装置の第1実施形態について説明する。図1は、本発明に係る摩擦発電装置の第1実施形態を示す全体構成図である。同図に示すように、摩擦発電装置1は、複数の帯電体を互いに摩擦させて発電を行う発電装置であり、接触・離隔型の発電装置である。この摩擦発電装置

1は、第1帯電体2と、第1帯電体2に対して摩擦を行うことが可能な第2帯電体3と、第1帯電体2を駆動して第1帯電体2及び第2帯電体3間の摩擦を行うソレノイド4（駆動部）と、第1帯電体2と第2帯電体3とを電氣的に連結する導線5と、導線5に設けられた回路素子6とを備える。

[0018] 第1帯電体2は、導体としてのアルミニウム板2aと、アルミニウム板2aに形成された非晶質炭素膜2bと、銅又は金等の導体で構成された第1電極2cとで構成されている。ここで、非晶質炭素膜2bは、第1帯電体2において第2帯電体3との間で摩擦が行われる部分に形成される。また、アルミニウム板2aに代えて、アルミニウム以外の金属、ガラス、ポリマー、セラミックなどで構成された板状部材を設けてもよい。さらに、アルミニウム板2aを設けず、非晶質炭素膜2bと第1電極2cとのみを設けてもよい。

[0019] 第2帯電体3は、導体としてのアルミニウム板3aと、アルミニウム板3aに形成された樹脂膜3bと、銅又は金等の導体で構成された第2電極3cとで構成されている。ここで、樹脂膜3bは、第2帯電体3において第1帯電体2との間で摩擦が行われる部分に形成される。また、アルミニウム板3aに代えて、アルミニウム以外の金属、ガラス、ポリマー、セラミックなどで構成された板状部材を設けてもよい。さらに、アルミニウム板3aを設けず、樹脂膜3bと第2電極3cとのみを設けてもよい。また、樹脂膜3bを設けず、アルミニウム板3aと第2電極3cとのみを設けてもよい。

[0020] また、非晶質炭素膜2bは、分子中にダイヤモンド結晶構造と黒鉛構造との両方を含む膜である。ここで、ダイヤモンド結晶構造とは、 sp^3 混成軌道を有する炭素原子（ sp^3 結合がなされた炭素原子）を含み正四面体に形成された分子構造である。また、黒鉛構造とは、 sp^2 混成軌道を有する炭素原子（ sp^2 結合がなされた炭素原子）により正六角形状の平面層に形成された分子構造である。非晶質炭素膜2bは、低摩擦性、耐摩耗性、高硬度性、離型性、耐腐食性、電気抵抗率の制御性を有している。また、樹脂膜3bは、樹脂で形成された膜であり、例えば、Kapton（登録商標）、Teflon（登録商標）、PMMAなどである。

[0021] 非晶質炭素膜 2 b には、D L C（ダイヤモンドライクカーボン）を使用するのが好ましい。ここで、D L C とは、非晶質炭素膜のうち、黒鉛よりもダイヤモンドに近い特性を有するものである。D L C としては、H-D L C、F-D L C、S i-D L C、M e-D L C、B-D L C、C l-D L C を使用することができる。ここで、H-D L C とは、分子中に水素原子が含まれる D L C である。また、F-D L C とは、分子中にフッ素原子が含まれる D L C である。さらに、S i-D L C とは、分子中にケイ素原子が含まれる D L C である。また、M e-D L C とは、分子中に金属原子が含まれる D L C である。また、B-D L C とは、分子中にホウ素原子が含まれる D L C である。さらに、C l-D L C とは、分子中に塩素原子が含まれる D L C である。

[0022] ソレノイド 4 は、第 1 帯電体 2 と第 2 帯電体 3 との間の摩擦を行うために、第 1 帯電体 2 のアルミニウム板 2 a に接続されて第 1 帯電体 2 を第 2 帯電体 3 に向けて押圧する。なお、上記摩擦を行うことができる駆動部であれば、ソレノイド 4 以外のものを設置することもできる。また、第 1 帯電体 2 及び第 2 帯電体 3 の間の摩擦が可能であれば、ソレノイド 4 などの駆動部を設けなくてもよい。

[0023] 回路素子 6 は、導線 5 の一端と他端とがそれぞれ接続されて配置される。回路素子 6 としては、通常は電力を取り出すのに適宜な負荷又は機器が使用される。さらに、摩擦発電装置 1 の発電効率について試験する場合には、回路素子 6 として電流計又は電圧計を設置することができる。また、回路素子 6 を設けなくても電力を取り出すことができるのであれば、回路素子 6 を設置しなくてもよい。

[0024] 次に、図 1 に示す摩擦発電装置 1 の動作について詳細に説明する。

[0025] まず、ソレノイド 4 を操作して第 1 帯電体 2 を第 2 帯電体 3 に向けて押圧する。これにより、第 1 帯電体 2 と第 2 帯電体 3 とが接触し、第 1 帯電体 2 と第 2 帯電体 3 とのいずれか一方の接触表面（本実施形態では非晶質炭素膜 2 b 又は樹脂膜 3 b）に正電荷が帯電すると共に、他方の接触表面（本実施

形態では非晶質炭素膜 2 b 又は樹脂膜 3 b) に負電荷が帯電する。

[0026] ここで、非晶質炭素膜 2 b と樹脂膜 3 b とのいずれに正電荷及び負電荷が帯電するかは、帯電列によって定まる。帯電列とは、材質の異なる様々な帯電体を正電荷及び負電荷の帯電傾向に基づいて並べたものである。例えば、非晶質炭素膜 2 b が樹脂膜 3 b より正電荷の発現傾向が高い場合（樹脂膜 3 b が非晶質炭素膜 2 b より負電荷の発現傾向が高い場合）、非晶質炭素膜 2 b に正電荷が帯電すると共に樹脂膜 3 b に負電荷が帯電する。

[0027] 次に、ソレノイド 4 を操作して第 1 帯電体 2 を第 2 帯電体 3 から離隔させる。これにより、第 1 帯電体 2 において、内部における電荷の釣り合いを保つために、第 1 帯電体 2 において電荷が帯電した側（本実施形態では非晶質炭素膜 2 b）の反対側（本実施形態では第 1 電極 2 c）に電荷（非晶質炭素膜 2 b で帯電した電荷と異なる符号を持つ電荷）が帯電する。一方、第 2 帯電体 3 において、内部における電荷の釣り合いを保つために、第 2 帯電体 3 において電荷が帯電した側（本実施形態では樹脂膜 3 b）の反対側（本実施形態では第 2 電極 3 c）に電荷（樹脂膜 3 b で帯電した電荷と異なる符号を持つ電荷）が帯電する。

[0028] これにより、正電荷が帯電している電極から負電荷が帯電している電極に向けて電流が流れる。図 1 においては、第 2 電極 3 c から第 1 電極 2 c へ電流 i が流れることを示した。この場合、電流 i は、第 2 電極 3 c から導線 5 を通って第 1 電極 2 c に流れる。また、導線 5 を流れる電流 i は回路素子 6 を通過する。

[0029] 次に、本発明に係る摩擦発電装置の第 1 実施形態における試験例について説明する。図 2 は、図 1 に示す摩擦発電装置の試験例における結果を示すグラフである。図 2 に示すグラフは、図 1 に示す摩擦発電装置 1 において回路素子 6 として電流計を設置した装置において、非晶質炭素膜 2 b 及び樹脂膜 3 b として（又は、に代えて）様々な保護膜を使用した（又は、保護膜を使用しない）摩擦発電試験装置の発電量を示している。具体的には、図 2 は、上記摩擦発電試験装置の電流計で検出された電流の大きさを示している。図

2に示すグラフにおいて、横軸は第1帯電体2の種類を示しており、縦軸は上記摩擦発電試験装置の発電量を示している。また、各種類の第1帯電体2の領域において、横軸の下方に示された□の順序で第2帯電体3の種類が示されている。

[0030] 第1帯電体及び第2帯電体に形成された膜の材質としては、Kapton、Teflon、PMMA、H-DLC、F-DLC、Si-DLCをそれぞれ使用した。ここで、Kapton、Teflon、PMMAは従来から使用されていた樹脂膜である。また、H-DLC、F-DLC、Si-DLCは、非晶質炭素膜のDLCとして使用するものである。さらに、同図に示すA1（同図横軸に示されるA1、当該横軸下方に示される□A1）とは、第1帯電体又は／及び第2帯電体をアルミニウムで構成すると共に第1帯電体又は／及び第2帯電体に保護膜を形成しないで摩擦を行った場合のデータを示すものである。

[0031] ここで、第1帯電体及び第2帯電体へのDLCの成膜は、図3に示すように行った。図3は、図1に示す摩擦発電装置の試験例において帯電体にDLCを形成するための成膜条件を示す表であり、具体的にはバイポーラPBIIID法における成膜条件を示す表である。ここで、バイポーラPBIIID法とは、チャンバの内部に設けた電極に正電圧及び負電圧（パルス電圧）を印加してチャンバの内部にプラズマを発生させ、このプラズマに成膜ガスを通過させることで成膜ガスからイオンを発生させる方法である。

[0032] 成膜ガスには、H-DLCの製造にはトルエン（ $C_6H_5CH_3$ ）、F-DLCの製造にはヘキサフルオロベンゼン（ C_6F_6 ）、Si-DLCの製造にはテトラメチルフラン（ $Si(CH_3)_4$ ）を使用した。また、これらの製造にあたっては4000Hzのパルス電圧を印加した。さらに、正電圧は1.5kVであり、負電圧は、-3.0kV、-5.0kV、-7.0kVのいずれかとした。さらに、膜形成時の圧力は0.4Paとした。そして、膜形成時間は2h又は4hとした。

[0033] 図2に示すように、第1帯電体及び第2帯電体のいずれか一方にDLCを

形成すると共に他方に樹脂膜を形成した場合、どのような樹脂膜（K a p t o n、T e f l o n、P M M A）を形成すると共にどのようなD L C（H－D L C、F－D L C、S i－D L C）を形成しても、電流の計測値が1 0 0 n Aを超える結果（十分な発電量が得られるという結果）を示している。特に、第1帯電体及び第2帯電体の一方にD L Cを形成すると共に他方にT e f f l o nを形成する場合は、これら帯電体の両方に樹脂膜を形成する場合に、又は、これら帯電体の一方に樹脂膜を形成すると共に他方に保護膜を形成しない（他方がA 1である）場合に比較して、高い発電量を実現することができる。

[0034] さらに、図2に示されるように、第1帯電体と第2帯電体との両方に保護膜としてD L Cを形成する場合であっても、第1帯電体及び第2帯電体に形成されるD L Cが、H－D L C、F－D L C、S i－D L Cのうち互いに異なるものであれば、摩擦発電を実現することができる。つまり、第1帯電体を構成するD L Cと第2帯電体を構成するD L Cとが、それらの構造式において炭素以外の元素であって互いに異なるものが含まれれば（すなわち、これらD L Cが異なる構造式を有すれば）、摩擦発電を行うことができる。

[0035] 以上のように、本発明に係る摩擦発電装置の第1実施形態によれば、第1帯電体2において第2帯電体3との間で摩擦が行われる部分が非晶質炭素膜2 bにより構成されていることで、第1帯電体2において低摩擦性を有する非晶質炭素膜2 bが第2帯電体3と摩擦するため、第1帯電体2と第2帯電体3との間で強い摩擦力が生じるのを抑制することができる。このため、当該摩擦力により第1帯電体2及び第2帯電体3に摩耗が生じるのを防止することができ、摩耗に対する第1帯電体2及び第2帯電体3の耐久性を高めることができる。

[0036] また、本発明に係る摩擦発電装置の第1実施形態によれば、第1帯電体2において第2帯電体3との間で摩擦が行われる部分が非晶質炭素膜2 bにより構成されていることで、第1帯電体2において低摩擦性を有する非晶質炭素膜2 bが第2帯電体3と摩擦するため、第1帯電体2と第2帯電体3との

間で強い摩擦力が生じるのを抑制することができる。これにより、当該摩擦力により電気エネルギー以外のエネルギーが生じるのを抑制することができ、エネルギー損失を低く抑えて発電効率を高めることができる。

[0037] さらに、本発明に係る摩擦発電装置の第1実施形態によれば、第1帯電体2において第2帯電体3との間で摩擦が行われる部分が非晶質炭素膜2bにより構成されていることで、非晶質炭素膜が薄膜に形成されるという特性を利用し、第1帯電体2への膜形成に伴う摩擦発電装置1の小型化が可能である。また、非晶質炭素膜2bは高硬度性を有するため、第1帯電体2及び第2帯電体3の摩擦により膜（非晶質炭素膜2b）そのものが摩耗するのも防止することができる。

[0038] さらに、上記第1実施形態において、第1帯電体2において非晶質炭素膜2bがDLCであってもよい。このように、非晶質炭素膜の中でも黒鉛よりダイヤモンドに近い特性を有する膜（DLC）を使用することで、導電性が低いため帯電性能が高くなることが可能というダイヤモンドの性質を有効に利用し、発電効率をさらに高めることができる。さらに、摩擦されている間において摩擦係数が小さい状態で安定するというDLCの特性を活かし、第1帯電体2及び第2帯電体3の摩耗耐久性を安定して高く維持することができる。

[0039] また、上記第1実施形態において、第2帯電体3は樹脂膜3bに代えてDLCが形成され、第1帯電体2を構成するDLC（非晶質炭素膜2b）と第2帯電体3を構成するDLCとの間で摩擦が行われ、第1帯電体2を構成するDLCの構造式と第2帯電体3を構成するDLCの構造式とが互いに異なっているとしてもよい。このように、第1帯電体2を構成するDLCと第2帯電体3を構成するDLCとの間で摩擦が行われることで、第1帯電体2及び第2帯電体3のいずれか一方のみをDLCで構成する場合に比較して、DLCの利点を十分に享受することができる。その上で、第1帯電体2を構成するDLCの構造式と第2帯電体3を構成するDLCの構造式とが互いに異なっていることで、これらDLCの電荷発現傾向を異ならせて第1帯電体2と第2

帯電体 3 との間の摩擦発電効果を高めることができる。

[0040] また、上記第 1 実施形態において、第 1 帯電体 2 を構成する DLC の構造式と第 2 帯電体 3 を構成する DLC の構造式には、炭素以外の元素であって互いに異なるものがそれぞれ含まれていてもよい。これにより、第 1 帯電体 2 を構成する DLC と第 2 帯電体 3 を構成する DLC との電荷発現傾向を大きく異ならせることができ、第 1 帯電体 2 と第 2 帯電体 3 とによる摩擦発電効果をさらに高めることができる。

[0041] 次に、本発明に係る摩擦発電装置の第 2 実施形態について説明する。なお、以下で説明する事項以外の事項、および図示する以外の事項については、第 1 実施形態と同じである。

[0042] 図 4 は、本発明に係る摩擦発電装置の第 2 実施形態を示す全体構成図である。同図に示すように、摩擦発電装置 11 は、複数の帯電体を互いに摩擦させることで発電を行う発電装置であり、横滑り型の発電装置である。この摩擦発電装置 11 は、第 1 帯電体 12 と、第 1 帯電体 12 に対して摩擦を行う構成とされている第 2 帯電体 13 及び第 3 帯電体 14 と、第 2 帯電体 13 及び第 3 帯電体 14 が載置される基板 15 と、第 2 帯電体 13 と第 3 帯電体 14 とを電氣的に連結する導線 16 と、導線 16 に設けられた回路素子 17 とを備える。

[0043] 第 1 帯電体 12 は、第 2 帯電体 13 及び第 3 帯電体 14 の表面上を摺動可能である。また、第 1 帯電体 12 における、第 2 帯電体 13 及び第 3 帯電体 14 との間で摩擦が行われる部分は、非晶質炭素膜（図示せず）により構成されている。

[0044] さらに、摩擦発電装置 11 は、第 1 帯電体 12 を摺動させる駆動部（図示せず）を備えている。ここで、駆動部は、第 1 帯電体 12 を様々な速さで摺動させることができる。例えば、回路素子 17 に設けた電流計の計測値が所望の値になるように（摩擦発電装置 11 で所望の発電量が得られるように）、駆動部により第 1 帯電体 12 を駆動することができる。

[0045] 次に、図 4 に示す摩擦発電装置 11 の動作について説明する。ここで、第

1 帯電体 1 2 は、第 2 帯電体 1 3 と第 3 帯電体 1 4 との両者上面（両者表面）に接するように（両者にまたがるように）配置されている。まず、駆動部により第 1 帯電体 1 2 を往復摺動または回転摺動させて第 2 帯電体 1 3 側に移動させる。次に、駆動部により第 1 帯電体 1 2 を往復摺動または回転摺動させて第 3 帯電体 1 4 側に移動させる。これらにより、第 1 帯電体 1 2、第 2 帯電体 1 3 及び第 3 帯電体 1 4 において電荷が移動することで、摩擦発電装置 1 1 で発電が行われる。

[0046] 一方、駆動部により基板 1 5 を回転させることにより、基板 1 5 に取り付けられた第 2 帯電体 1 3 及び第 3 帯電体 1 4 も回転させる。このようにして、第 2 帯電体 1 3 及び第 3 帯電体 1 4 の回転によっても帯電体 1 2～1 4 同士の摩擦を発生させ、帯電体 1 2～1 4 における電荷の移動を促進する。これにより、摩擦発電装置 1 1 における発電効率を高める。

[0047] さらに、本発明に係る摩擦発電装置の第 2 実施形態における試験例について説明する。

[0048] 図 5 は、図 4 に示す摩擦発電装置の摩擦発電試験例における試験条件を示す図及び表であり、（a）は摩擦発電試験装置を示す概略図であり、（b）は摩擦発電試験条件を示す表である。

[0049] 同図（a）に示すように、摩擦発電試験装置 1 0 1 は、載置台 1 0 2 と、載置台 1 0 2 の上面で回転する基板 1 0 3（図 4 に示す第 1 帯電体 1 2 に相当）と、基板 1 0 3 に押しつけられるボール 1 0 4（図 4 に示す第 2 帯電体 1 3 及び第 3 帯電体 1 4 に相当）とを備えている。

[0050] ここで、同図（b）に示すように、摩擦発電試験装置 1 0 1 は、ボールオンディスク型回転摩擦（Ball-on-Disk Mode Rotating）を行うものとし、ボール 1 0 4 の荷重（Load）は 0.98 N とした。また、基板 1 0 3 の回転半径（Rotate Radius）を 3 mm とした。さらに、基板 1 0 3 の回転速度（Speed）は 60 rpm とした。また、基板 1 0 3 を構成する試験材料（Tested Material）には K a p t o n 又は D L C を使用した。さらに、摩擦環境（Atmosphere）は大気（Air）とすると共に、摩擦環境における湿度（Humidity）は室内

湿度 (RH) とした。また、摩擦環境における温度 (Temperature) は室温 (RT) とした。さらに、ボール 104 はアルミニウム製であった。また、DLC は、バイポーラ PBIID 法により生成した。

[0051] 図 6 は、図 4 に示す摩擦発電装置の摩擦発電試験例における結果を示すグラフ及び表である。図 6 (a) は、摺動サイクル (横軸) に対する基板 103 の摩擦係数 (縦軸) を示すグラフである。図 6 (b) は、図 6 (a) に示すグラフを簡潔に示した表である。これらの図において、基板 103 には、Kapton、Kapton 表面に Si-DLC を形成したもの (Kapton coated with Si-DLC)、負電圧 1 kV かつ成膜時間 2 h で得られた H-DLC (H-DLC -1kV2h)、負電圧 1 kV かつ成膜時間 6 h で得られた H-DLC (H-DLC -1kV6h)、負電圧 3 kV かつ成膜時間 3 h で得られた Si-DLC (Si-DLC -3kV3h) のいずれかとした。

[0052] 図 6 に示されるように、H-DLC 及び Si-DLC のいずれを使用する場合であっても、Kapton を使用する場合に比較して基板 103 の摩擦係数を小さく抑えることができた。さらに、Kapton に DLC (Si-DLC) を形成するよりも、基板 103 そのものを DLC とした方が基板 103 の摩擦係数を小さくすることができた。また、基板 103 に DLC を使用する場合は、いずれの場合であっても微小時間に基板 103 の摩擦係数が急上昇することなく、時間が経過しても (摺動サイクルが増加しても) 安定して摩擦係数を小さく抑えることができた。

[0053] 図 7 は、図 4 に示す摩擦発電装置における試験条件を示す図及び表であり、(a) は摩擦発電試験装置を示す概略図であり、(b) は摩擦発電試験条件を示す表である。なお、図 7 (a) に示す摩擦発電試験装置 201 は、図 4 に示す摩擦発電装置 11 に対応するものである。

[0054] 摩擦発電試験装置 201 において、荷重 (Load) を 9.8 N とし、基板 205 の回転周波数 (Rotating frequency) を 10 Hz とし、試験時間 (Time) を 3 h とした。この荷重は、第 1 帯電体 202 を第 2 帯電体 203 及び第 3 帯電体 204 に押しつけるものである。第 2 帯電体 203 及び第 3 帯電体 204

には、P T F E（ポリテトラフルオロエチレン）を使用した。第1帯電体202には、アルミニウム板単体、又は、アルミニウム板の表面にH-DLCを形成したものを使用した。摩擦環境（Atmosphere）を大気（Air）とし、摩擦環境における湿度（Humidity）を室内湿度（RH）とし、摩擦環境における温度（Temperature）を室温（RT）とした。このような条件で、第1帯電体202、第2帯電体203及び第3帯電体204同士の摩擦により発生した電流（出力電流）の大きさを測定した。なお、H-DLCの形成には、バイポーラPBIID法を使用して負パルス電圧（Negative Pulse Voltage）を -3.0 kV とした。

[0055] 図8は、図7に示す摩擦発電試験における結果を示すグラフである。図8において、Al/PTFEは、第2帯電体203及び第3帯電体204を構成するP T F Eと第1帯電体202を構成するアルミニウムとを摩擦させた結果を示している。H-DLC/PTFEは、第2帯電体203及び第3帯電体204を構成するP T F Eと第1帯電体202を構成するH-DLCとを摩擦させた結果を示している。図8に示すグラフにおいて、横軸は基板105の回転時間（min）を示しており、縦軸は摩擦発電試験装置201の出力電流（ μA ）を示している。この回転時間が試験時間に相当する。図8に示すように、H-DLCをP T F Eと摩擦させると、AlをP T F Eと摩擦させる場合に比較して、180分間全体にわたって出力電流の大きさを $1\mu\text{A}$ 程度に安定させることができる。つまり、摩擦発電試験装置201（図7）において、H-DLCをP T F Eと摩擦させると、H-DLC及びP T F Eにおいて摩擦力及び摩擦熱による摩耗を抑制することができ、長時間において発電量（出力電流）を所定範囲内に安定させることができる。

[0056] 以上により、本発明に係る摩擦発電装置の第2実施形態によれば、第1帯電体12は、第2帯電体13（第3帯電体14）の表面上を摺動することで、第2帯電体13（第3帯電体14）との間で摩擦を行う構成とされている。これにより、第1帯電体12と第2帯電体13（第3帯電体14）との摩擦による帯電体12-14の摩耗を非晶質炭素膜により防止できる利点を活

かし、第1帯電体12の摺動により高い発電効率を実現することができる。
特に、第1帯電体12を高速で摺動させても帯電体12-14の摩耗を防止
することができるため、第1帯電体12を高速で摺動させて高い発電効率を
実現することができる。

[0057] なお、上記第2実施形態は、第1帯電体12を横滑りするように摺動させる
ことで第1帯電体12を第2帯電体13（第3帯電体14）と摩擦させる
構成であるが、第1帯電体12を回転するように摺動させることで第1帯電
体12を第2帯電体（第3帯電体14）と摩擦させる構成とすることもでき
る。

[0058] なお、上記両実施形態に係る摩擦発電装置1、11は、モバイル装置、ウ
ェアラブル装置及びIoT（Internet of Things）に内蔵することができる
。また、上記摩擦発電装置11は、スピナーにおける回転軸と軸受との間に
設置することができる。これにより、スピナーの利用者は、ハンドルなどを
操作して回転軸を回転させて摩擦発電を行うことが可能になる。

符号の説明

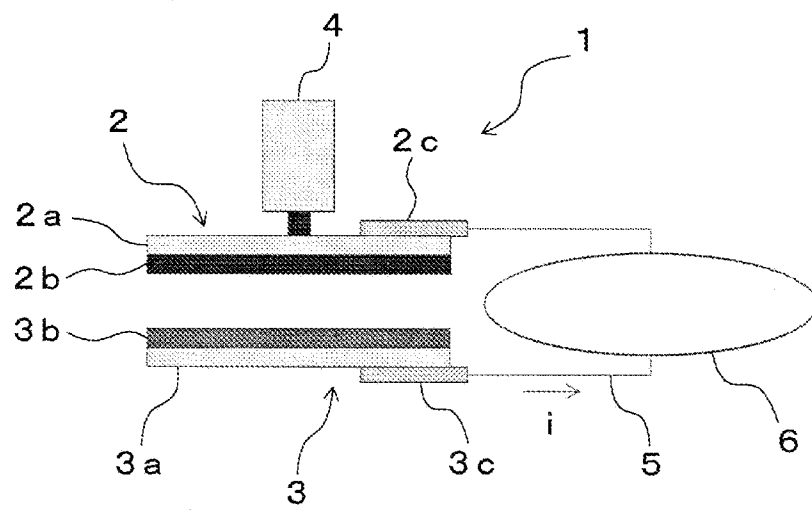
- [0059] 1 摩擦発電装置
2 第1帯電体
2a アルミニウム板
2b 非晶質炭素膜
2c 第1電極
3 第2帯電体
3a アルミニウム板
3b 樹脂膜
3c 第2電極
4 ソレノイド
5 導線
6 回路素子
11 摩擦発電装置

- 1 2 第1帯電体
- 1 3 第2帯電体
- 1 4 第3帯電体
- 1 5 基板
- 1 6 導線
- 1 7 回路素子
- 1 0 1 摩擦発電試験装置
- 1 0 2 載置台
- 1 0 3 基板
- 1 0 4 ボール
- 2 0 1 摩擦発電試験装置
- 2 0 2 第1帯電体（H-DLCまたはA I）
- 2 0 3 第2帯電体（PTFE）
- 2 0 4 第3帯電体（PTFE）
- 2 0 5 基板

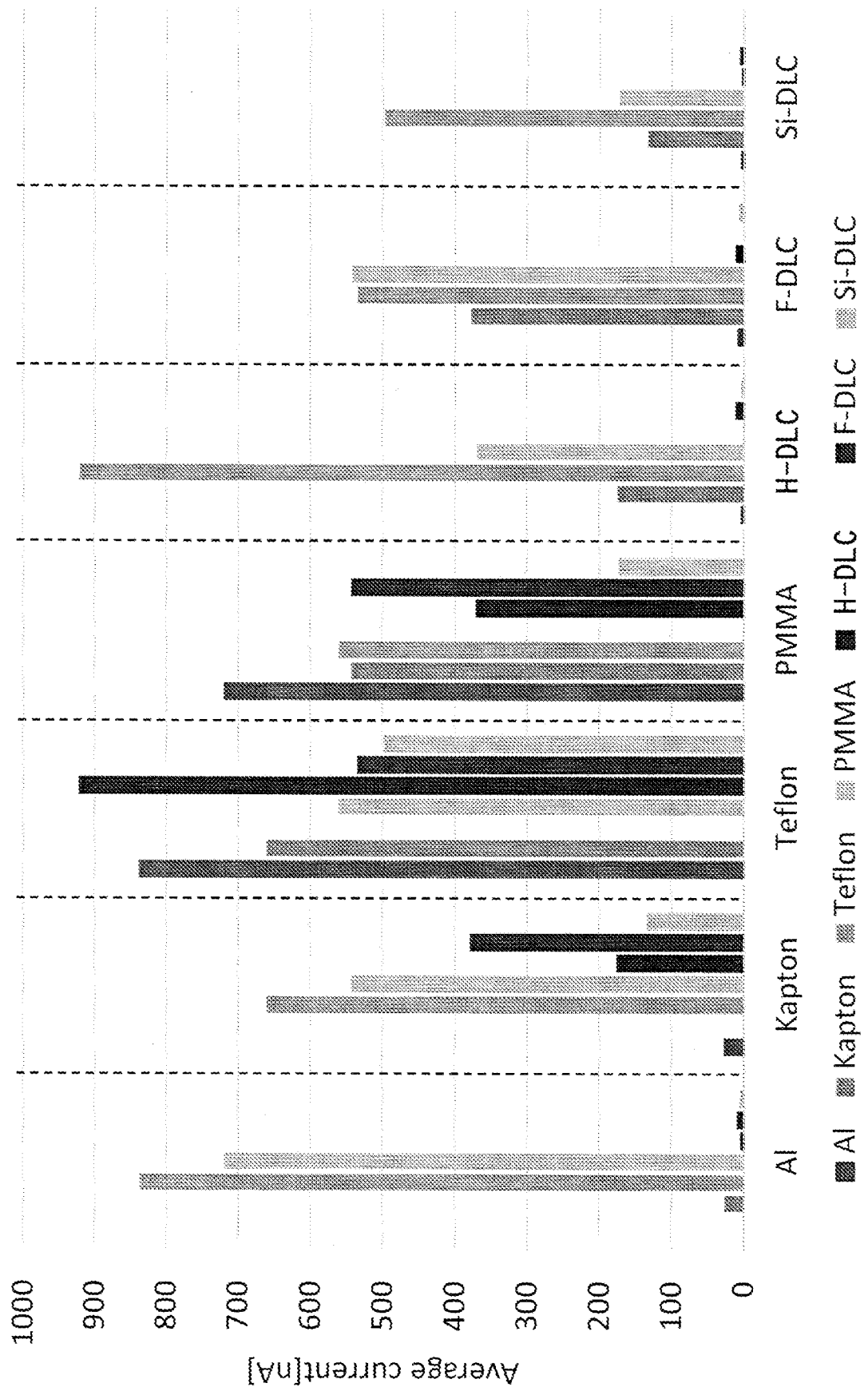
請求の範囲

- [請求項1] 第1帯電体と第2帯電体とを互いに摩擦させることで発電を行う摩擦発電装置であって、
- 前記第1帯電体において、前記第2帯電体との間で前記摩擦が行われる部分は非晶質炭素膜により構成されていることを特徴とする摩擦発電装置。
- [請求項2] 前記第1帯電体において、前記非晶質炭素膜はDLCであることを特徴とする請求項1に記載の摩擦発電装置。
- [請求項3] 前記第2帯電体はDLCで構成されており、
- 前記第1帯電体を構成するDLCと前記第2帯電体を構成するDLCとの間で前記摩擦が行われ、
- 前記第1帯電体を構成するDLCの構造式と前記第2帯電体を構成するDLCの構造式とは、互いに異なることを特徴とする請求項2に記載の摩擦発電装置。
- [請求項4] 前記第1帯電体を構成するDLCの構造式と前記第2帯電体を構成するDLCの構造式には、炭素以外の元素であって互いに異なるものがそれぞれ含まれていることを特徴とする請求項3に記載の摩擦発電装置。
- [請求項5] 前記第1帯電体は、前記第2帯電体の表面上を摺動することで、前記第2帯電体との間で前記摩擦を行う構成とされていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の摩擦発電装置。

[図1]



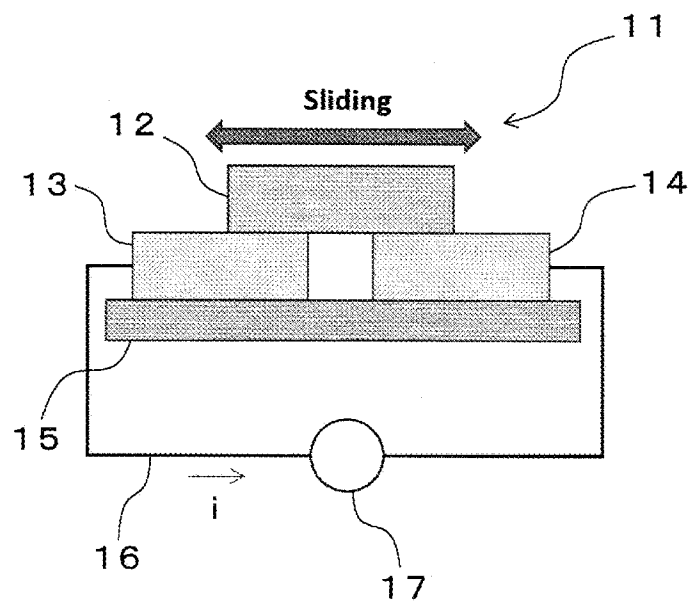
[図2]



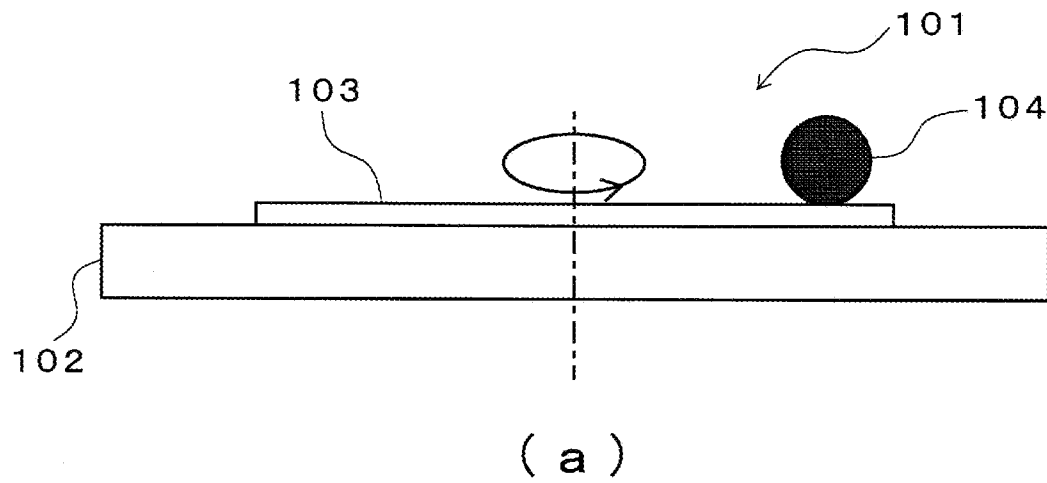
[図3]

	H-DLC	F-DLC	Si-DLC
Gas	Toluene (C ₆ H ₅ CH ₃)	C ₆ F ₆	TMS (Si(CH ₃) ₄)
Pulse frequency	4000 Hz		
Positive Voltage	1.5 kV		
Negative Voltage	-3.0, -5.0, -7.0 kV	-5.0kV	
Pressure	0.4 Pa		
Time	2h(-3.0, -5.0, -7.0 kV) 4 h(-5.0 kV)	2 h	

[図4]



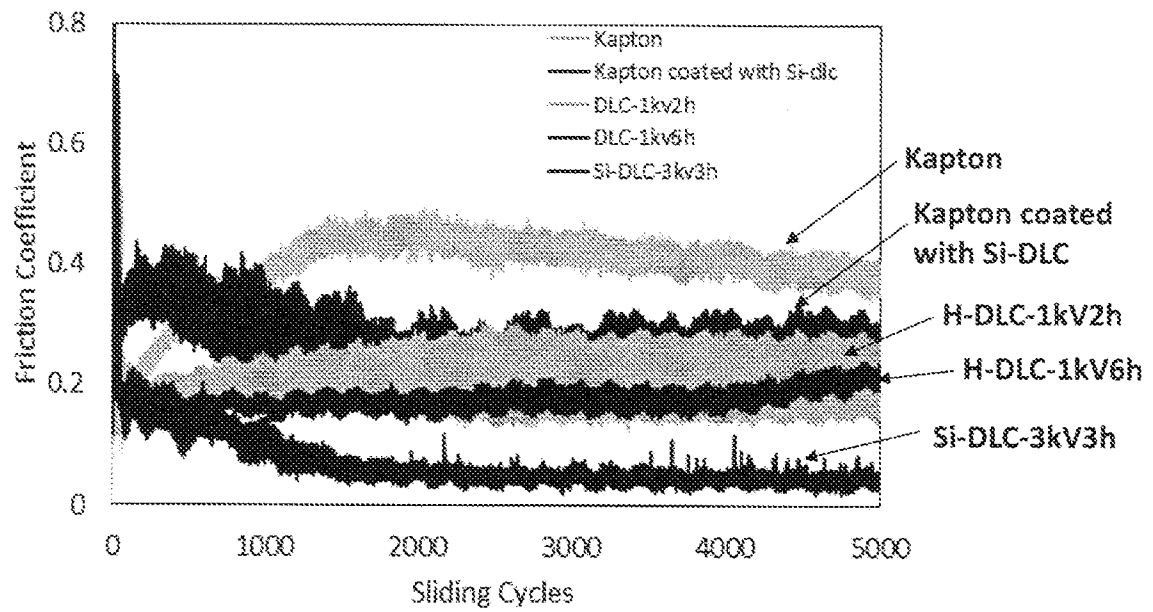
[図5]



The experiment conditions of tribology	
Mode	Ball-on-Disk Mode
	Rotating
Load(N)	0.98
Rotate Radius(mm)	3
Speed	60 rpm
Tested Material	Kapton and DLC series
Atmosphere	Air
Humidity	RH
Temperature	RT
Counterpart(Ball)	Aluminum

(b)

[図6]

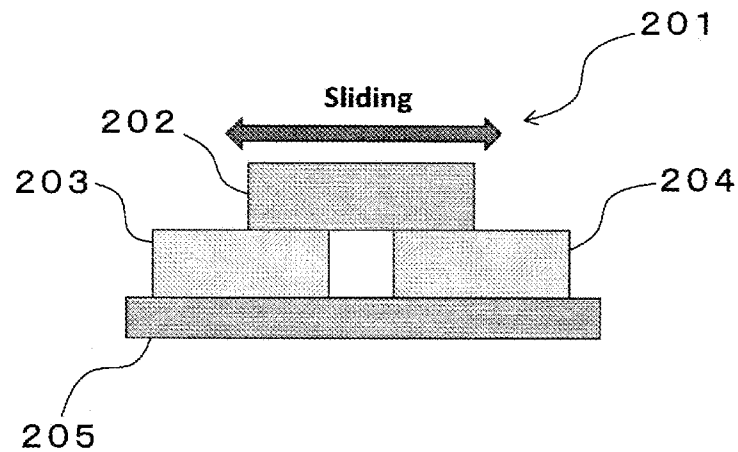


(a)

Material	Average Fiction coefficient
Kapton	0.395
Kapton coated with Si-DLC	0.283
H-DLC -1kv2h	0.204
H-DLC -1kv6h	0.176
Si-DLC-3kv3h	0.073

(b)

[図7]

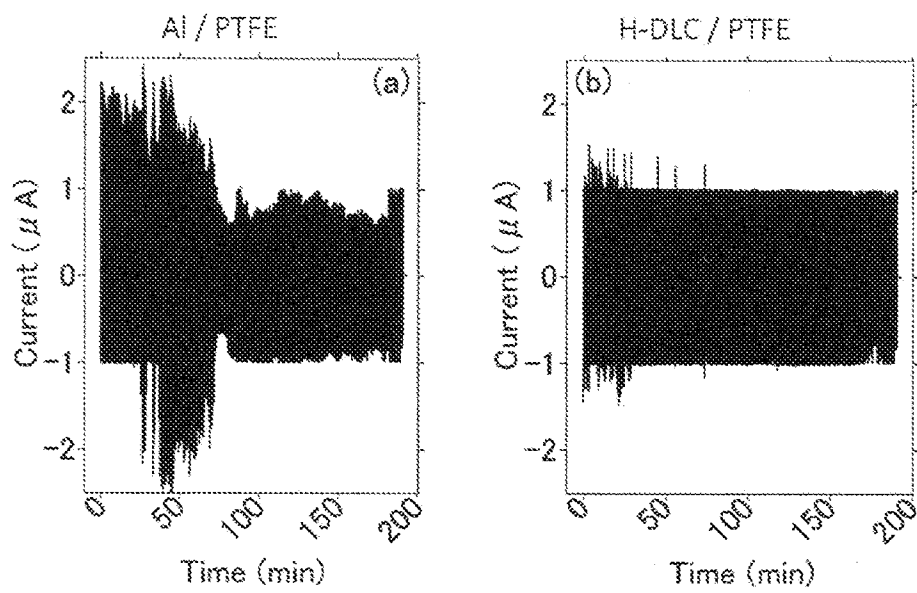


(a)

The experiment conditions of tribology	
Load (N)	9.8
Rotating frequency (Hz)	10
Tested Material	Al and H-DLC
Atmosphere	Air
Humidity	RH
Temperature	RT
Counterpart	PTFE
Negative Pulse Voltage (kV)	-3.0
Time (h)	3

(b)

[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/029279

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02N1/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H02N1/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2016-510206 A (BEIJING INSTITUTE OF NANOENERGY AND NANOSYSTEMS) 04 April 2016, paragraphs [0040]-[0047], fig. 1, 2(a)-2(c) & WO 2014/139347 A1 & EP 2975758 A1, paragraphs [0040]-[0047], fig. 1-2 & CN 103368453 A	1-2, 5 3-4
Y	JP 2013-53340 A (SAITAMA UNIVERSITY) 21 March 2013, paragraph [0025], fig. 1 (Family: none)	1-2, 5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 September 2019 (12.09.2019)

Date of mailing of the international search report
24 September 2019 (24.09.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/029279

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/135888 A1 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 29 November 2007, paragraphs [0077]-[0078], fig. 16 & US 2009/0079296 A1, paragraphs [0095]-[0096], fig. 16	1-2, 5
Y	JP 2012-110193 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 07 June 2012, paragraphs [0038]-[0039], fig. 12 (Family: none)	1-2, 5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02N1/04 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02N1/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2016-510206 A（ベイジン インスティテュート オブ ナノエナジー アンド ナノシステムズ）2016.04.04, 段落0040-0047, 図1, 図2(a)-2(c) & WO 2014/139347 A1 & EP 2975758 A1, 段落[0040]-[0047], 図1-2 & CN 103368453 A	1-2, 5 3-4
Y	JP 2013-53340 A（国立大学法人埼玉大学）2013.03.21, 段落0025, 図1（ファミリーなし）	1-2, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.09.2019

国際調査報告の発送日

24.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

津久井 道夫

3 V

5781

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2007/135888 A1 (アルプス電気株式会社) 2007. 11. 29, 段落 0 0 7 7 - 0 0 7 8, 図 1 6 & US 2009/0079296 A1, 段落 [0095]-[0096], 図 16	1-2, 5
Y	JP 2012-110193 A (株式会社豊田中央研究所) 2012. 06. 07, 段落 0 0 3 8 - 0 0 3 9, 図 1 2 (ファミリーなし)	1-2, 5