

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6923272号
(P6923272)

(45) 発行日 令和3年8月18日(2021.8.18)

(24) 登録日 令和3年8月2日(2021.8.2)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 3 B 49/02 (2015.01)	A 6 3 B 49/02
A 6 3 B 53/10 (2015.01)	A 6 3 B 53/10 A
A 6 3 C 5/00 (2006.01)	A 6 3 C 5/00 C
C 0 8 J 5/06 (2006.01)	C 0 8 J 5/06 C F C
D 0 6 M 11/74 (2006.01)	D 0 6 M 11/74

請求項の数 4 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-130722 (P2017-130722)	(73) 特許権者	000111085 ニッタ株式会社 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号
(22) 出願日	平成29年7月3日(2017.7.3)	(73) 特許権者	390010917 ヨネックス株式会社 東京都文京区湯島3-23-13
(65) 公開番号	特開2018-130524 (P2018-130524A)	(74) 代理人	100137800 弁理士 吉田 正義
(43) 公開日	平成30年8月23日(2018.8.23)	(74) 代理人	100148253 弁理士 今枝 弘充
審査請求日	令和2年7月2日(2020.7.2)	(74) 代理人	100148079 弁理士 梅村 裕明
(31) 優先権主張番号	特願2017-24666 (P2017-24666)	(74) 代理人	100158241 弁理士 吉田 安子
(32) 優先日	平成29年2月14日(2017.2.14)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バドミントンラケット、テニスラケット、ゴルフクラブ、スノーボード、又は自転車に使用するシャフトおよびフレーム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

筒状の内層と、前記内層の外側に軸を中心として同心円状に積層された被覆層とを備えるシャフトあるいはフレームであって、

前記内層及び前記被覆層のうち、少なくとも一層が、配列した複合素材と樹脂硬化物とを含む炭素繊維強化成形体であって、

前記複合素材は、複数の連続した炭素繊維が配列した炭素繊維束と、前記炭素繊維のそれぞれの表面に付着したカーボンナノチューブとを有し、

前記カーボンナノチューブは、直径10～15nmであり、長さが0.5～10μmであり、直線性を備え、

前記カーボンナノチューブは、前記炭素繊維の表面に分散して絡み合い、互いに直接接触しないしは直接接続されてネットワーク構造を形成していることを特徴とする

バドミントンラケット、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャフトあるいはフレーム、または、

ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフト。

【請求項2】

前記被覆層の最も外側の外層が、前記炭素繊維強化成形体であることを特徴とする請求項1記載の

バドミントンラケット、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャフトあるいはフレーム、または、

ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフト。

【請求項 3】

前記内層が、前記炭素繊維強化成形体であることを特徴とする請求項 1 記載の
バドミントンラケット、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャフトあるいはフ
レーム、または、

ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフト。

【請求項 4】

前記内層及び前記被覆層の巻き数がそれぞれ 1 ~ 4 であり、巻き数の合計が 8 ~ 16 であ
ることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の

バドミントンラケット、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャフトあるいはフ
レーム、または、

ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフト。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バドミントンラケット、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャフ
トあるいはフレーム、または、ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフトに関する。

【背景技術】

【0002】

強化繊維を母材である樹脂中に分散させた繊維強化成形品は、力学特性や寸法安定性に
優れることから、幅広い分野で使用されている。炭素繊維の表面に、複数の CNT が絡み
付いて CNT ネットワーク薄膜が形成された構造を有する CNT / 炭素繊維複合素材が、
強化繊維として提案されている（例えば、特許文献 1）。

【0003】

連続した炭素繊維を数千 ~ 数万の単位で束ねた炭素繊維束は、低密度、高比強度、高比
弾性率といった優れた特性を有している。こうした炭素繊維束に樹脂を含浸させて得られ
るプリプレグは、スポーツ用具、例えば、バドミントンラケット、テニスラケット、ゴル
フクラブのシャフト及びフレームなどに用いられている（例えば、特許文献 1 及び 2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 7618 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 248330 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、炭素繊維束は、強度が高いものの、しなり難いという問題があった。例
えばバドミントンラケットのシャフトは、しなりが大きいと、打ったシャトルのスピード
をより速くすることができる。

【0006】

本発明は、強度を維持しつつ、しなりを大きくすることができるバドミントンラケット
、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャフトあるいはフレーム、または、ゴル
フクラブあるいはスノーボードのシャフトを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係るバドミントンラケット、テニスラケット、及び、自転車のいずれかのシャ
フトあるいはフレーム、または、ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフトは、筒状
の内層と、前記内層の外側に軸を中心として同心円状に積層された被覆層とを備えるシャ
フトであって、前記内層及び前記被覆層のうち、少なくとも一層が、配列した複合素材と
樹脂硬化物とを含む炭素繊維強化成形体であって、前記複合素材は、複数の連続した炭素

10

20

30

40

50

繊維が配列した炭素繊維束と、前記炭素繊維のそれぞれの表面に付着したカーボンナノチューブとを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、内層、及び、前記被覆層のうち最も外側の外層、の少なくとも一方が炭素繊維強化成形体であることから、強度を維持しつつ、しなりを大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施形態に係るバドミントンラケットの外観を示す斜視図である。 10

【図2】第1実施形態に係るバドミントンラケットのシャフトの内部構造を示す図である。

【図3】第1実施形態に係るバドミントンラケットのシャフトの内部構造を示す縦断面図である。

【図4】炭素繊維強化成形体に含まれる複合素材の構成を説明する概略図である。

【図5】炭素繊維の絡まり合いの評価方法を説明する概略図である。

【図6】CNT付着工程を説明する概略図である。

【図7】ガイドローラーを説明する側面図である。

【図8】第2実施形態に係るテニスラケットの外観を示す斜視図である。

【図9】第2実施形態に係るテニスラケットのラケット本体の内部構造を示す縦断面図である。 20

【図10】第2実施形態に係るテニスラケットの製造方法(1)の説明に供する斜視図である。

【図11】第2実施形態に係るテニスラケットの製造方法(2)の説明に供する斜視図である。

【図12】振動減衰特性の評価に用いる試験片を示す斜視図である。

【図13】振動減衰特性の評価方法を説明する概略図である。

【図14】測定された変位量の時間変化の一例を示すグラフである。

【図15】シャルピーの衝撃試験に用いる試験片を示す斜視図である。

【図16】シャルピーの衝撃試験の結果を示すグラフであり、図16Aは炭素繊維強化成形体、図16Bは従来のCFRPである。 30

【図17】バドミントンラケットの動的特性を測定する実験装置の概略図である。

【図18】バドミントンラケットの動的特性の測定における測定点の説明に供する図である。

【図19】バドミントンラケットの動的特性を測定している状態を示す概略図である。

【図20】バドミントンラケットの動的特性の測定結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0011】 40

1. 第1実施形態

(全体構成)

図1に示すバドミントンラケットは、フレーム11と、シャフト12と、グリップ14とを備える。フレーム11は、正面視において、環状に形成されている。フレーム11には、図示しないが、ストリングが張られる。シャフト12は、一端がフレーム11に接合され、他端がグリップ14に接合されている。

【0012】

図2に示すように、シャフト12は、筒状の内層15と、前記内層15の外側に軸Xを中心として同心円状に積層された被覆層16とを備える。本図において被覆層16は、第1中間層17、第2中間層18、第3中間層19、シャフト12の最も外側の外層20を 50

有する。シャフト12は、外層20の外表面に塗装層21を有してもよい。

【0013】

内層15及び被覆層16のうち、少なくとも1層は、炭素繊維強化成形体で形成されている。本実施形態では、外層20が、炭素繊維成形体で形成されている場合について説明する。炭素繊維強化成形体は、後述する複合素材と、当該複合素材にマトリックス樹脂を含浸させたシート状の高強度プリプレグを、1~4巻きして硬化させたものである。炭素繊維強化成形体における複合素材の目付量は、 $45 \sim 325 \text{ g/m}^2$ が好ましい。

【0014】

内層15、第1中間層17、第2中間層18、第3中間層19は複合成形体としての炭素繊維成形体で形成してもよい。炭素繊維成形体は、炭素繊維束に上記マトリックス樹脂

10

【0015】

図3に示すように、シャフト12は、全体として筒状であり、それぞれ1~4巻きの内層15及び被覆層16を備え、合計で8~16巻き(本図の場合、15巻き)である。シャフト12の外径は、 $6.4 \sim 6.9 \text{ mm}$ が好ましく、 $6.4 \sim 6.8 \text{ mm}$ がより好ましい。

【0016】

外層20の炭素繊維強化成形体に含まれる炭素繊維の長手方向は、軸Xに対し平行である必要はなく、傾いていることが好ましい。内層15、第1中間層17、第2中間層18、第3中間層19、及び外層20にそれぞれ含まれる炭素繊維は、炭素繊維の長手方向が、重なり合う他の層の炭素繊維と交差するように、配置されるのが好ましい。シャフト12は、内部に発泡体などの低比重の部材を詰め、中実状の部材としてもよい。

20

【0017】

図4に示すように、本実施形態の複合素材22は、複数の連続した炭素繊維24が一方向に配列した炭素繊維束23を備えている。炭素繊維24は、直径が約 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ であり、化石燃料由来の有機繊維や、木材や植物繊維由来の有機繊維の焼成によって得られる。

【0018】

図面には、説明のために10本のみの炭素繊維24を示しているが、本実施形態における炭素繊維束23は、1千~10万本の炭素繊維24を含むことができる。炭素繊維束23を構成している炭素繊維24は、実質的に互いに絡まり合うことなく直線性を保っている。こうした炭素繊維24を含む本実施形態の複合素材22は、厚み方向に炭素繊維24が3~30本並んだ帯状である。

30

【0019】

各炭素繊維24の表面には、CNT25が付着している。CNT25は、炭素繊維24の表面のほぼ全体で均等に分散して絡み合うことで、互いに直接接触ないしは直接接続されてネットワーク構造を形成することができる。CNT25同士の間には、界面活性剤などの分散剤や接着剤等の介在物が存在しないことが好ましい。また、CNT25は、炭素繊維24の表面に直接付着している。ここでいう接続とは、物理的な接続(単なる接触)を含む。また、ここでいう付着とは、ファンデルワールス力による結合をいう。さらに「直接接触ないし直接接続」とは、複数のCNTが単に接触している状態を含む他に、複数のCNTが一体的になって接続している状態を含む。

40

【0020】

CNT25の長さは、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ であるのが好ましい。CNT25は長さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上であると、CNT25同士が絡まり合って直接接続される。またCNT25は長さが $50 \mu\text{m}$ 以下であると、均等に分散しやすくなる。一方、CNT25は長さが $0.1 \mu\text{m}$ 未満であるとCNT25同士が絡まりにくくなる。またCNT25は長さが $50 \mu\text{m}$ 超であると凝集しやすくなる。

50

【0021】

CNT25は、平均直径約30nm以下であるのが好ましい。CNT25は直径が30nm以下であると、柔軟性に富み、各炭素繊維24の表面でネットワーク構造を形成することができる。一方、CNT25は直径が30nm超であると、柔軟性がなくなり、各炭素繊維24表面でネットワーク構造を形成しにくくなる。なお、CNT25の直径は透過型電子顕微鏡(TEM:Transmission Electron Microscope)写真を用いて測定した平均直径とする。CNT25は、平均直径が約20nm以下であるのがより好ましい。

【0022】

複数のCNT25は、炭素繊維束23中の炭素繊維24のそれぞれの表面に、均一に付着しているのが好ましい。また、個々のCNT25は、炭素繊維24同士をつなぐことなく、単一の炭素繊維24の表面に存在しているのが好ましい。炭素繊維24表面におけるCNT25の付着状態は、走査型電子顕微鏡(SEM:Scanning Electron Microscope)により観察し、得られた画像を目視により評価することができる。

10

【0023】

さらに、複数のCNT25が付着している炭素繊維24の表面の少なくとも一部は、サイジング剤と称される樹脂で覆われている。サイジング剤としては、一般的にはウレタンエマルジョンやエポキシエマルジョンが用いられる。

【0024】

上述したとおり、炭素繊維束23に含まれている炭素繊維24は、実質的に互いに絡まり合うことなく直線性を保っている。炭素繊維束23中における炭素繊維24の絡まり合いは、炭素繊維24同士の直線性により評価できる。

20

【0025】

図5を参照して、炭素繊維24同士の直線性を評価する方法を説明する。評価には、上下に移動可能な横棒部34が起立部32に設けられた支持台30を用いることができる。複合素材22は、所定長さ(例えば、150~300mm程度)に切断して測定用サンプル22Aを用意する。

【0026】

測定用サンプル22Aは、長手方向を上下にし、一端に連結部材36を介して横棒部34に取り付ける。測定用サンプル22Aが弛まないように、適切な重さの錘28を測定用サンプル22Aの他端に接続する。錘28の重さは、測定用サンプル22Aの本来の長さが維持されるように選択される。適切な重さの錘28を用いることによって、測定用サンプル22Aは、支持台30の横棒部34から安定に吊り下げられる。

30

【0027】

支持台30の起立部32には、検査針27(直径0.55mm)が横方向に延びて設けられている。測定用サンプル22Aの長手方向を横切って検査針27を刺し、横棒部34を上方に移動させることで、測定用サンプル22Aと検査針27とを相対的に移動させる。移動速度は300mm/minとし、移動距離は40mmとする。

【0028】

検査針27には、図示しないロードセルが接続されている。測定用サンプル22Aと検査針27とを相対的に移動させる際、これらの間に作用する荷重がロードセルにより測定される。測定された荷重が小さいほど、炭素繊維束23における炭素繊維24(図4参照)は直線性が優れている。すなわち、炭素繊維束23に含まれている炭素繊維24同士は、絡まり合いが少ないことになる。

40

【0029】

本実施形態の複合素材22は、所定の条件で検査針27と相対的に移動させた際、複合素材22と検査針27との間に作用する荷重の最大値が0.5N未満であるので、複数の連続した炭素繊維24は、実質的に絡まり合うことなく直線性を保って一方向に配列している。

【0030】

複合素材22と検査針27との間に作用する荷重の平均値は、0.4N未満であること

50

が好ましい。作用する荷重の平均値は、複合素材 2 2 と検査針 2 7 とを 4 0 m m 相対的に移動させる間に 8 1 0 点の荷重を測定し、その 8 1 0 点の荷重の平均として算出する。

【 0 0 3 1 】

(製造方法)

次に、本実施形態に係るシャフト 1 2 の製造方法について説明する。シャフト 1 2 は、複合素材を作製する工程、高強度プリプレグを作製する工程、高強度プリプレグを内層 1 5、第 1 中間層 1 7、第 2 中間層 1 8、及び第 3 中間層 1 9 に対し同心円状に巻き付ける工程、マトリックス樹脂を硬化する工程を経ることにより作製することができる。

【 0 0 3 2 】

複合素材 2 2 は、C N T 2 5 が単離分散した C N T 分散液 (以下、単に分散液とも称する) 中に、複数の炭素繊維 2 4 を含む炭素繊維束 2 3 を浸漬して走行させて、炭素繊維 2 4 のそれぞれの表面に C N T 2 5 を付着させることにより製造することができる。以下、各工程について順に説明する。

10

【 0 0 3 3 】

(分散液の調製)

分散液の調製には、以下のようにして製造された C N T 2 5 を用いることができる。C N T 2 5 は、例えば特開 2 0 0 7 - 1 2 6 3 1 1 号公報に記載されているような熱 C V D 法を用いてシリコン基板上にアルミニウム、鉄からなる触媒膜を成膜し、C N T の成長のための触媒金属を微粒子化し、加熱雰囲気中で炭化水素ガスを触媒金属に接触させること

20

【 0 0 3 4 】

不純物を極力含まない C N T であれば、アーク放電法、レーザ蒸発法などその他の方法により作製された C N T を使用してもよい。製造後の C N T を不活性ガス中で高温アニールすることで、不純物を除去することができる。こうして製造される C N T は、直径が 3 0 n m 以下で長さが数 1 0 0 μ m から数 m m という高いアスペクト比と直線性とを備えている。C N T は、単層および多層のいずれでもよいが、好ましくは多層である。

【 0 0 3 5 】

上記のように作製された C N T 2 5 を用いて、C N T 2 5 が単離分散した分散液を調製する。単離分散とは、C N T 2 5 が 1 本ずつ物理的に分離して絡み合わずに分散媒中に分散している状態をいい、2 以上の C N T 2 5 が束状に集合した集合物の割合が 1 0 % 以下

30

【 0 0 3 6 】

分散液は、ホモジナイザーやせん断力、超音波分散機などにより C N T 2 5 の分散の均一化を図る。分散媒としては、水、エタノール、メタノール、イソプロピルアルコールなどのアルコール類；トルエン、アセトン、テトラヒドロフラン (T H F)、メチルエチルケトン (M E K)、ヘキサン、ノルマルヘキサン、エチルエーテル、キシレン、酢酸メチル、酢酸エチルなどの有機溶媒を用いることができる。

【 0 0 3 7 】

分散液の調製には、分散剤、界面活性剤等の添加剤は必ずしも必要とされないが、炭素繊維 2 4 および C N T 2 5 の機能を阻害しない範囲であれば、こうした添加剤を用いても

40

【 0 0 3 8 】

(C N T の付着)

上記のようにして調製した分散液中に、炭素繊維束 2 3 を浸漬して所定の条件で走行させつつ、分散液に機械的エネルギーを付与することで炭素繊維 2 4 表面に C N T 2 5 を付着させる。

【 0 0 3 9 】

図 6 を参照して、炭素繊維 2 4 に C N T 2 5 を付着させる工程を説明する。分散液 4 6 が収容された C N T 付着槽 4 0 内には、炭素繊維束 2 3 を矢印 A 方向に走行させるためのガイドローラー 4 2 が複数配置されている。ガイドローラー 4 2 は、図 7 の側面図に示す

50

ように、直径D0が50mm、長さL0が100mmの平ローラーである。

【0040】

炭素繊維束23は、厚み方向に炭素繊維24が3~20本並んだ帯状である。ガイドローラー42の長さL0が炭素繊維束23の幅wに対して十分に大きい。炭素繊維束23は、より小さい巻付角(90°以下)でガイドローラー42に巻き付けられるのが好ましい。ガイドローラー42は、炭素繊維束23を直線状に走行させるように配置するのが好ましい。

【0041】

炭素繊維束23は、ガイドローラー42に確実に支持されて、収縮せずに分散液46中を走行することができる。炭素繊維束23に含まれている炭素繊維24は、ガイドローラー42に支持された状態で引張りを受けることで、絡まり合いが低減されて直線性が向上する。

10

【0042】

図7に示すように、複数のガイドローラー42によって、炭素繊維束23はCNT付着槽40内の一定の深さを、過度な負荷を受けずに走行速度で走行する。走行中、炭素繊維束23は屈曲されることがないので、炭素繊維束23に含まれている炭素繊維24が絡まり合うおそれは低減される。炭素繊維束23の走行速度は、1~20m/min程度とすることが好ましい。走行速度が遅いほど、炭素繊維束23における炭素繊維24の直線性を高めることができる。

【0043】

分散液46に対しては、上述したような機械的エネルギーを付与する。これによって、分散液46中では、CNT25が分散する状態と凝集する状態とが常時発生する可逆的反応状態が作り出される。

20

【0044】

可逆的反応状態にある分散液中に、複数の連続した炭素繊維24を含む炭素繊維束23が浸漬されると、炭素繊維24表面においてもCNT25の分散状態と凝集状態との可逆的反応状態が起こる。CNT25は、分散状態から凝集状態に移る際、炭素繊維24表面に付着する。

【0045】

凝集する際は、CNT25にファンデルワールス力が作用しており、このファンデルワールス力により炭素繊維24表面にCNT25が付着する。こうして、炭素繊維束23中の炭素繊維24それぞれの表面にCNT25が付着した炭素繊維束23が得られる。

30

【0046】

その後、サイジング処理および乾燥を行って、本実施形態の複合素材22が製造される。サイジング処理は、一般的なサイジング剤を用いて一般的な方法により行うことができる。乾燥は、サイジング処理後の炭素繊維束を、例えばホットプレート上に載置して達成することができる。

【0047】

続いて、高強度プリプレグは、複合素材22にマトリックス樹脂を含浸させて、当該マトリックス樹脂を半硬化させて作製することができる。マトリックス樹脂は、特に限定されないが、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂、フェノキシ樹脂やナイロン等の熱可塑性樹脂等が挙げられる。複合素材22は、炭素繊維束23における炭素繊維24同士の絡まり合いが実質的に存在しないので、高強度プリプレグにおいても、炭素繊維24同士が絡まり合うことはない。しかも、炭素繊維束23中における炭素繊維24それぞれの表面には、CNT25が良好に付着している。

40

【0048】

こうした複合素材22にマトリックス樹脂を含浸した高強度プリプレグは、炭素繊維24同士の絡み合いに起因する強度、特に長手方向の引張強度が低下するおそれは極めて小さいため、炭素繊維束23の特性が十分に発揮される。これに加えて、各炭素繊維24の表面にはCNT25が良好に付着しているため、得られる高強度プリプレグは、CNT由

50

来の特性も十分に発揮することができる。

【0049】

上記のようにして作製された高強度プリプレグは、所定の長さに裁断され、第3中間層19の外側に巻き付けられる。まず、図示しない柱状体に内層15となるプリプレグを2~4巻きする。順次、炭素繊維の長手方向を変えながら、第1中間層17、第2中間層18、第3中間層19を2~4巻きし、そして外層20となる高強度プリプレグをそれぞれ2~4巻きする。

【0050】

この状態で、圧力を付与しながら、マトリックス樹脂を加熱硬化させて樹脂硬化物とする。熱と圧力を付与する方法としては、例えばプレス成形、オートクレーブ成形、真空圧成形、シートワインディング法および内圧成形法が挙げられる。マトリックス樹脂としてエポキシ樹脂を用いる場合には、80~180 で0.5~5時間の加熱により樹脂硬化物が得られる。最後に柱状体を取り除くことにより、シャフト12を得ることができる。

【0051】

(作用及び効果)

上記のシャフト12は、外層20が炭素繊維強化成形体であることから、強度を維持しつつ、しなりを大きくすることができる。したがって当該シャフト12を備えたバドミントンのラケットは、打ったシャトルのスピードをより速くすることができる。

【0052】

炭素繊維強化成形体は、複合素材22に含まれている炭素繊維24の表面にCNTが付着していることにより、CNTを含まない以外は同じ構成の従来のCFRPに比べ、制振性が高い。制振性が高いことにより、炭素繊維強化成形体は、与えられた衝撃をより速く吸収することができる。

【0053】

2. 第2実施形態

(全体構成)

図8に示すテニスラケット51は、フレーム52と、シャフト54と、グリップ56とを備える。フレーム52は、正面視において、楕円の環状に形成されている。フレーム52にはストリング60が張られる。シャフト54は、一端がフレーム52に接続され、他端がグリップ56に接続されている。シャフト54は、グリップ56からフレーム52に向かって二股に分岐している。フレーム52とシャフト54の間には、ヨーク58が設けられている。グリップ56は、外側に樹脂製のカバーが設けられており、当該カバーの表面にグリップテープが巻きつけられている。

【0054】

フレーム52、シャフト54、グリップ56、及びヨーク58(以下、ラケット本体61と呼ぶ)は、図9に示すように、筒状の芯体62と、前記芯体62の外側に積層された内層64と被覆層63とを備える。本図において被覆層63は、第1中間層66、第2中間層68、ラケット本体の最も外側の外層70を有する。ラケット本体61は、外層70の外表面に塗装層72を有してもよい。

【0055】

内層64及び被覆層63のうちいずれか1層、本実施形態の場合、外層70が上記炭素繊維強化成形体で形成されている。炭素繊維強化成形体における複合素材の目付量は、45~325 g/m²が好ましい。内層64、第1中間層66、第2中間層68は複合成形体としての上記炭素繊維成形体で形成してもよい。ラケット本体61は、全体として筒状であり、合計で8~16巻き(本図の場合、15巻き)の被覆層63を備える。

【0056】

外層70の炭素繊維強化成形体に含まれる炭素繊維の長手方向は、軸方向に対し平行である必要はなく、傾いていることが好ましい。内層64、第1中間層66、第2中間層68、及び外層70にそれぞれ含まれる炭素繊維は、炭素繊維の長手方向が、重なり合う他の層の炭素繊維と交差するように、配置されるのが好ましい。ラケット本体61は、炭素

10

20

30

40

50

繊維が交差するように配置されることにより、高速で加えられた荷重（衝撃）をより速く吸収することができる。

【0057】

（製造方法）

次に、本実施形態に係るラケット本体61の製造方法について説明する。ラケット本体61は、複合素材を作製する工程、高強度プリプレグを作製する工程、筒体を形成する工程、金型にて成型する工程を経ることにより作製することができる。複合素材を作製する工程、高強度プリプレグを作製する工程は、上記第1実施形態と同じであるので、説明を省略する。

【0058】

筒体を形成する工程について説明する。筒体は、ヨーク58を除くラケット本体61の全長に相当する長さを有する。図10に示すように、マンドレル74の外周に、芯体76を嵌め込む。マンドレル74は、ラケット本体61の全長に相当する長さを有する金属製の棒状部材である。芯体76は、可撓性を有し、樹脂、例えばナイロンチューブである。次いで芯体76の外側に内層64、第1中間層66、第2中間層68となるプリプレグ78を、順次炭素繊維の長手方向を変えながら、それぞれ2～4巻きする。続いて、外層70となる高強度プリプレグを2～4巻きする。マンドレル74を抜き取ることにより、筒体が形成される。

【0059】

次いで、金型にて成型する工程について説明する。図11に示すように、筒体80を下金型82に嵌め込む。ここで筒体80と同様に形成されたヨーク体84を取り付ける。続いて図示しない上金型を下金型82に押し付け、筒体80およびヨーク体84の部分を除いて閉じる。次いで、グリップの開口81から筒体80内に加圧気体を導入しながら、加熱する。マトリックス樹脂としてエポキシ樹脂を用いる場合には、80～150で約1時間加熱することで、マトリックス樹脂を硬化させる。加圧気体により芯体76が膨らみ、プリプレグ及び高強度プリプレグが金型に押し付けられた状態で、加熱されることで筒体80は塑性変形する。このようにして筒体80を金型に沿った形状に成型して、ラケット本体61が形成される。またフレーム52に、ストリングを通すストリングホールを形成する。

【0060】

続いて、表面に均一に塗装をする。次いで、グリップ56に図示しない金型を嵌め、例えばウレタン樹脂を当該金型に流し込み、加熱することにより、カバーを形成する。最後にストリングやグリップテープなどの付属品を取り付けることにより、テニスラケット51が得られる。

【0061】

（作用及び効果）

上記のラケット本体61は、外層70が炭素繊維強化成形体であることから、上記第1実施形態と同様の効果が得られる。加えて、炭素繊維の長手方向が、重なり合う他の層の炭素繊維と交差するように配置することにより、外層70、及び外層70と第2中間層68の成形体の境界における炭素繊維の間にCNTが介在する。このように形成されたラケット本体61は、高速の荷重（衝撃）に対し、ねじれが生じやすくなり、効率的に衝撃を吸収すると考えられる。これによりラケット本体61は、加えられた衝撃をより速く吸収することができる。したがって当該ラケット本体61を備えたテニスラケット51は、ボールを打った場合にグリップ56を通じてプレイヤーの手に伝わる振動を和らげることができる。

【0062】

3. 変形例

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内で適宜変更することが可能である。例えば、被覆層は、第1中間層と外層とからなることとしてもよい。

10

20

30

40

50

【0063】

上記第1、第2実施形態の場合、外層が炭素繊維強化成形体で形成されている場合について説明したが、本発明はこれに限らない。本発明は、炭素繊維強化成形体をいずれか1層に備えていれば足り、内層、被覆層のうち1層、内層と被覆層のうち1層、内層と外層が炭素繊維強化成形体であってもよく、内層及び被覆層が全て炭素繊維強化成形体であってもよい。

【0064】

上記実施形態の場合、バドミントンラケットに用いるシャフト、テニスラケットのフレーム及びシャフトについて説明したが、本発明はこれに限らず、例えば、バドミントンラケットのフレームに適用してもよい。また、自転車のシャフト及びノまたはフレーム、ゴルフクラブあるいはスノーボードのシャフトに適用してもよい。

10

【0065】

複合成形体としては、炭素繊維成形体に限らず、ガラス繊維を含む成形体や、金属材料を含む成形体などでもよい。

【0066】

4. 実施例

以下、実施例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明は以下の実施例のみに限定されるものではない。

【0067】

上記製造方法に示す手順で、炭素繊維強化成形体に用いるプリプレグを作製した。CNT25としては、熱CVDによりシリコン基板上に直径10~15nm、長さ100μm以上に成長させたMW-CNT(Multi-walled Carbon Nanotubes、多層カーボンナノチューブ)を用いた。

20

【0068】

CNT25は、硫酸と硝酸の3:1混酸を用いて洗浄して触媒残渣を除去した後、濾過乾燥した。分散媒としてのMEKにCNT25を加えて、分散液を調製した。CNT25は、超音波ホモジナイザーを用いて粉碎して0.5~10μmの長さに切断した。分散液中におけるCNT25の濃度は、0.01wt%とした。この分散液には、分散剤や接着剤が含有されていない。

【0069】

図6に示したようなCNT付着槽40を用意し、こうして調製された分散液46を収容した。CNT付着槽40には、図7を参照して説明したようなガイドローラー42(直径50mm、長さ100mm)が設けられている。分散液46には、機械的エネルギーとしての振動や超音波、揺動を付与した。

30

【0070】

炭素繊維束23としては、T700SC-12000(東レ(株)製)を用いた。この炭素繊維束23には、12000本の炭素繊維24が含まれている。炭素繊維24の直径は7μm程度であり、長さは100m程度である。炭素繊維束23を分散液46中に浸漬し、ガイドローラー42を介して3.5m/minの速度で走行させた。

【0071】

その後、サイジング剤としてエポキシ樹脂を用いてサイジング処理を施し、約80のホットプレート上で乾燥させ複合素材22を作製した。複合素材22は、厚み方向に炭素繊維が12本並んだ帯状であった。

40

【0072】

さらにマトリックス樹脂としてエポキシ樹脂を複合素材に含浸させ、高強度プリプレグを作製した。高強度プリプレグにおける樹脂の体積含有率は、30%であった。複合素材の目付量は、180g/m²とした。

【0073】

(炭素繊維強化成形体の振動減衰特性)

上記高強度プリプレグにより作製した炭素繊維強化成形体を用いて、図12に示すよう

50

な板状の試験片 18 A を作製し対数減衰率を測定した。試験片 18 A は、幅 D が 15 mm、長さ L が 200 mm、厚さ t が 1.72 ~ 1.78 mm の炭素繊維強化成形体である。試験片 18 A は、200 mm の長さに切断された高強度プリプレグの長手方向を揃えて積層し (16 層)、145 で 1 時間加熱してマトリックス樹脂を硬化させて得られた。試験片 18 A は、長さ L を長手方向して配列した複合素材 22 と樹脂硬化物 50 とを備えている。

【0074】

試験片 18 A について、振動減衰特性を評価した。図 13 を参照して、振動減衰特性の評価方法を説明する。試験片 18 A の長辺の一端 (50 mm) を支持台 25 で固定する。試験片 18 A の他端を矢印 B 方向に約 5 mm 押し下げて解放することで、試験片 18 A を上下 (矢印 C 方向) に振動させる。

10

【0075】

試験片 18 A の変位量は、コントローラ 29 を介して電源 31 に接続されたレーザ変位計 (株) キーエンス製、LK-G5000V/LK-H0850) 26 により測定する。測定された変位データは、PC33 に収集される。試験片 18 A を 3 つ用意し、それぞれについて 3 回ずつ、変位量を測定した。

【0076】

測定された変位量の時間変化の一例を、図 14 のグラフに示す。図 14 中、縦軸は振幅であり、横軸は時間である。変位の振幅は、時間の経過とともに減少していることが示されている。最大振幅 (正ピーク) から 10 点の減衰率を平均化して、対数減衰率を求めた。対数減衰率は、0.0552 であった。

20

【0077】

比較として、複合素材を、炭素繊維の表面に CNT が付着していない炭素繊維束に変更した以外は、試験片 18 A と同様とした従来の CFRP による試験片を用い、振動減衰特性を測定した。その結果、従来の CFRP は、対数減衰率が 0.0499 であった。従来の CFRP は、前述の試験片 18 A より対数減衰率が小さいので、振動が長続きして減衰に時間を要する。

【0078】

(シャルピーの衝撃試験)

上記高強度プリプレグにより作製した炭素繊維強化成形体を用いて、図 15 に示すような板状の試験片 18 B を作製した。試験片 18 B は、幅 D が 15 mm、長さ L が 100 mm、厚さ t が 1.8 mm の炭素繊維強化成形体である。試験片 18 B は、炭素繊維の長手方向が直交するようにプリプレグを積層し (17 層)、145 で 1.5 時間加熱してマトリックス樹脂を硬化させて得られた。試験片 18 B の両表面の層は、炭素繊維の長手方向が、試験片 18 B の長手方向に対し平行、すなわち 0° となるように配置した。

30

【0079】

比較として、複合素材を、炭素繊維の表面に CNT が付着していない炭素繊維束に変更した以外は、試験片 18 B と同様とした従来の CFRP による試験片を作製した。

【0080】

各試験片を 4 個ずつ用意し、振子式試験機 (インストロン社製、CEAST9050、ハンマ容量: 25 J) を用い、シャルピーの衝撃試験 (JIS K 7077 準拠) を行い、ハンマに設けたロードセルで衝撃力を測定した。その結果を図 16 A, 図 16 B に示す。本図の横軸は時間 (ms)、縦軸は衝撃力 (N)、曲線は測定された試験片 4 個の衝撃力 - 荷重曲線を示す。各曲線におけるピークは、試験片がハンマに接触した後、試験片の慣性によって引き起こされる。本図から、炭素繊維強化成形体は、従来の CFRP より、衝撃力の起伏が小さく振動も少ないことが明らかである。

40

【0081】

本図に基づき、隣り合う谷と山の測定された衝撃力 (N) の値の差 (以下、振れ幅という) が最も大きい値を、表 1 に示す。ハンマが試験片に接触した後、0.5 ms の間の振れ幅の最大値は、炭素繊維強化成形体が 72 (N)、従来の CFRP が 235 (N) であ

50

った。このことから、炭素繊維強化成形体は、従来のCFRPに対し振れ幅が1/3程度であり、制振性に優れていることが確認された。

【0082】

【表1】

試験片No.	炭素繊維強化成形体	従来のCFRP
1	46.67735	220.2587
2	70.01602	141.4907
3	44.73246	234.8454
4	71.96091	190.1129
平均	58.34668	196.6769
最大値	71.96091	234.8454
最小値	44.73246	141.4907

10

20

【0083】

上記振動減衰特性及び耐衝撃特性の結果から、複合素材22を含む炭素繊維強化成形体は、従来のCFRPよりも高い振動減衰特性が得られることが確認された。炭素繊維強化成形体は、与えられた衝撃をより速く吸収することができる。制振性の向上は、複合素材22に含まれている炭素繊維24の表面に付着しているCNT25に起因するものと推測される。

【0084】

(シャフトの特性)

外層を上記高強度プリプレグで形成してシャフトを作製した。内層、第1中間層、第2中間層を形成するプリプレグは、炭素繊維束としてT700SC-12000(東レ(株)製)を用い、マトリックス樹脂としてエポキシ樹脂を用いて作製した。炭素繊維束の目付量は、125g/m²とした。

【0085】

プリプレグを用いて、内層(巻き数12)、第1中間層(巻き数1)、第2中間層(巻き数2)をそれぞれ順に積層した。第2中間層の外側に高強度プリプレグを用いて外層(巻き数1)を積層した。最後に135で1時間加熱して硬化することにより、シャフトを作製した。シャフトの外径は6.8mm、内径は3.8mm、巻き数の合計は16であった。

40

【0086】

比較として、外層をプリプレグとした以外は実施例と同じ構成の比較例に係るシャフトを作製した。

【0087】

これら2種のシャフトを用いて、曲げ弾性率、及び曲げ強度を測定した。測定には、万能試験機(株式会社エー・アンド・デイ製)を用いた。比較例のシャフトを使用した際の値を100とした測定結果を表2に示す。この結果、実施例に係るシャフトは、比較例と、同程度の静特性が得られることが確認できた。

【0088】

50

【表 2】

	曲げ弾性率	曲げ強度
実施例	100.8	99.3
比較例	100	100

【0089】

実施例及び比較例のシャフトを用いてバドミントンラケットを作製し、動的特性を測定した。測定には、図17に示す実験装置（ヨネックス株式会社製）を用いた。実験装置は、駆動モータ48と、図示しないハイスピードカメラとを備える。当該駆動モータの駆動軸にバドミントンラケット10のグリップ14を固定し、側面からハイスピードカメラでバドミントンラケット10を撮影した。図18に示すグリップ14の先端を基準点P1とし、第1測定点P2、第2測定点P3の変位を時間ごとに測定した。シャフト12を実験装置に取り付けて、一定速度（42 m/s）でスイングさせたところに、機械上部からシャトルを落とすことによって、バドミントンラケットの打球面中央にシャトルをインパクトさせた。時間は、図19に示す鉛直位置に吊り下げられたシャトル49とストリングが接触したタイミングを「0」とした。その結果を図20に示す。第2測定点P3における変位は、実施例に係るシャフト12を備えるバドミントンラケット10の方が大きく、比較例との差は、最大で2 mmであった。

10

20

【0090】

以上のとおり、本発明によれば、強度を維持しつつ、しなりを大きくすることができ、打ったシャトルのスピードをより速くすることができる。

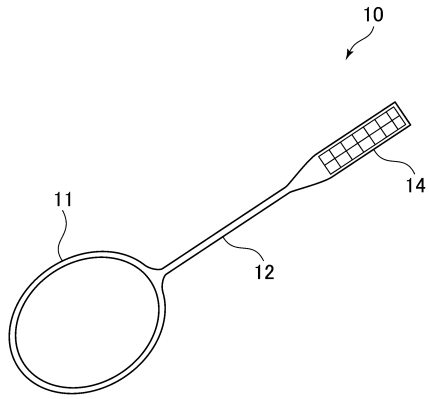
【符号の説明】

【0091】

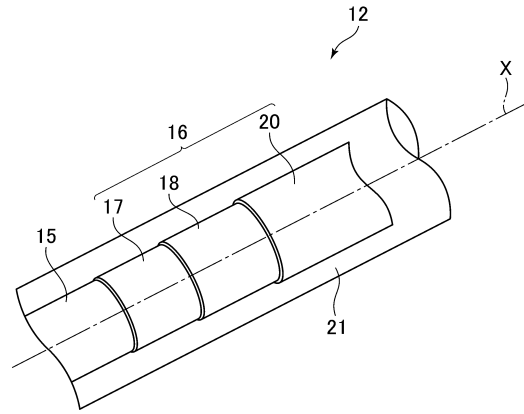
- 10 バドミントンラケット
- 11 フレーム
- 12 シャフト
- 14 グリップ
- 15 内層
- 16 被覆層
- 17 第1中間層
- 18 第2中間層
- 20 外層
- 22 複合素材
- 23 炭素繊維束
- 24 炭素繊維

30

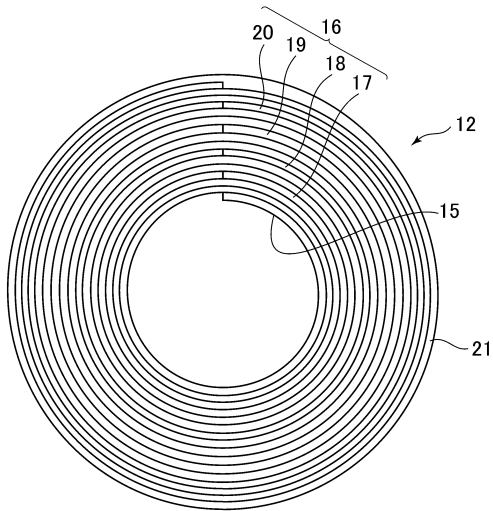
【図1】



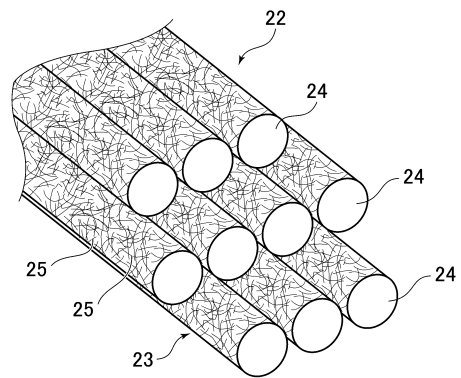
【図2】



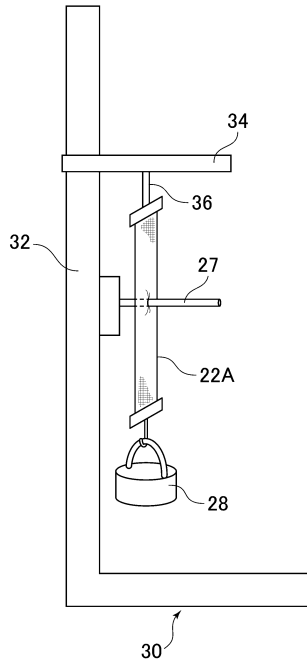
【図3】



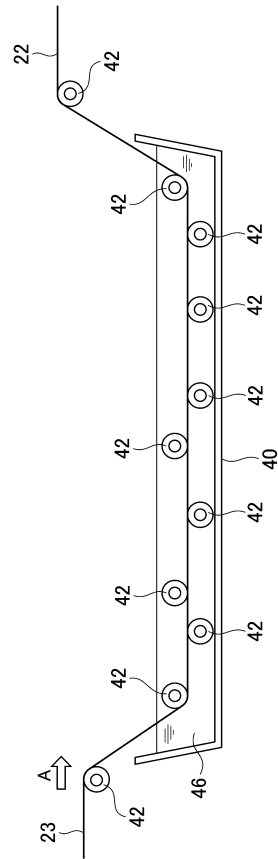
【図4】



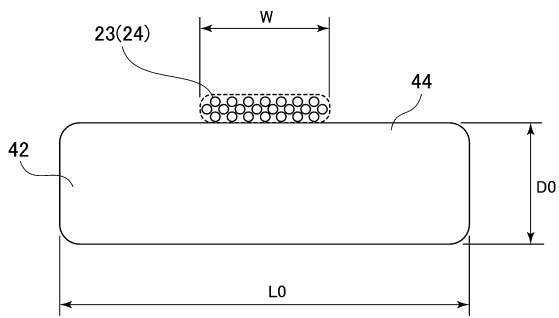
【 図 5 】



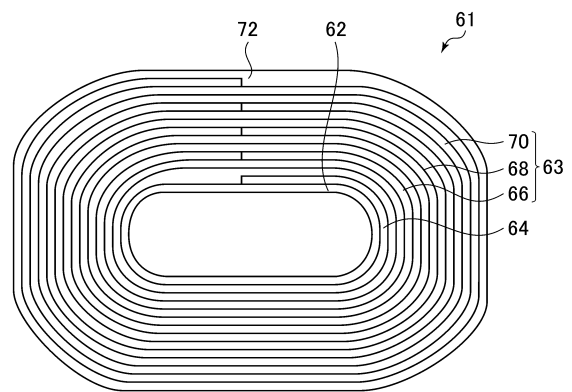
【 図 6 】



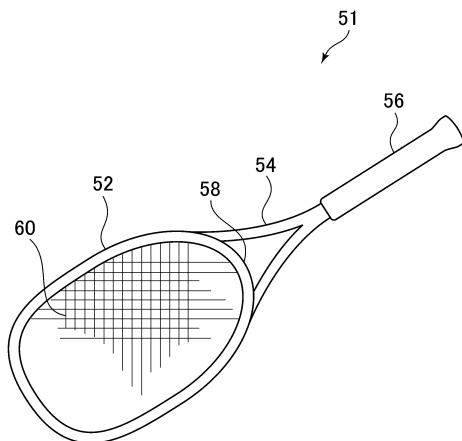
【 図 7 】



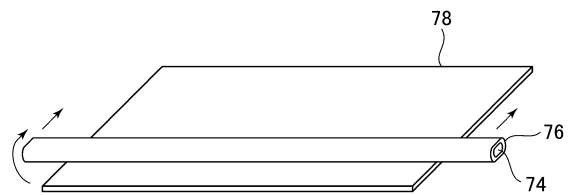
【 図 9 】



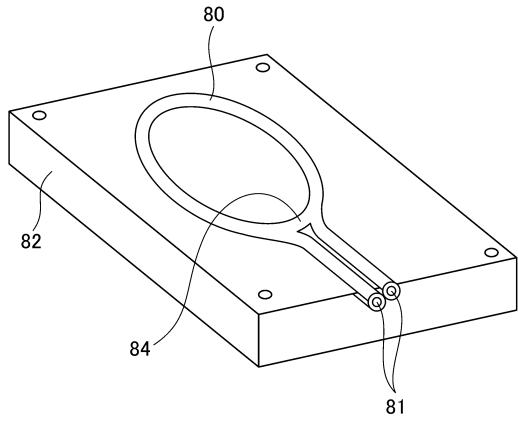
【 図 8 】



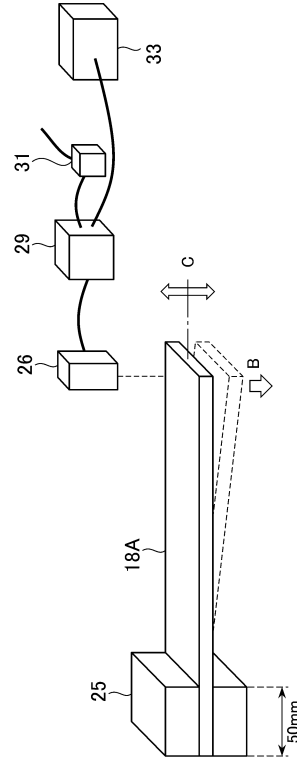
【 図 10 】



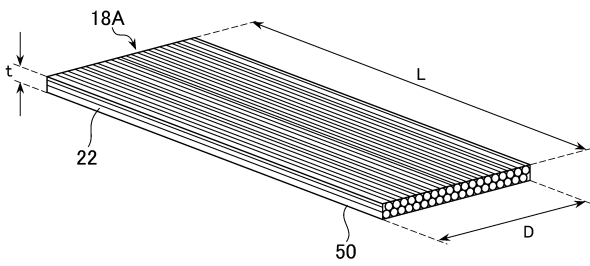
【図 1 1】



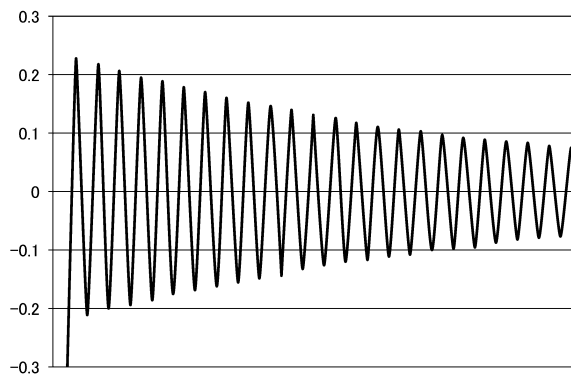
【図 1 3】



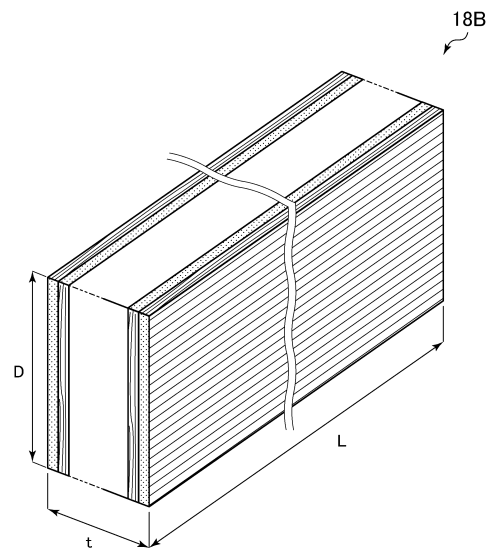
【図 1 2】



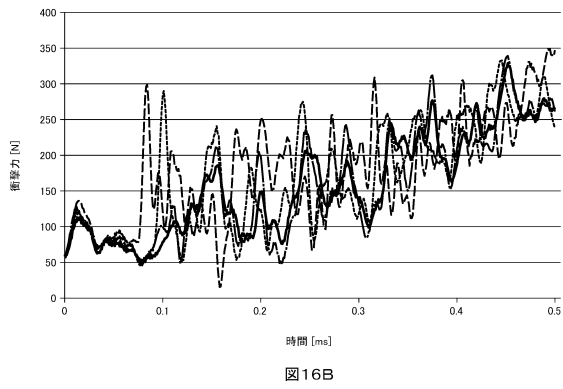
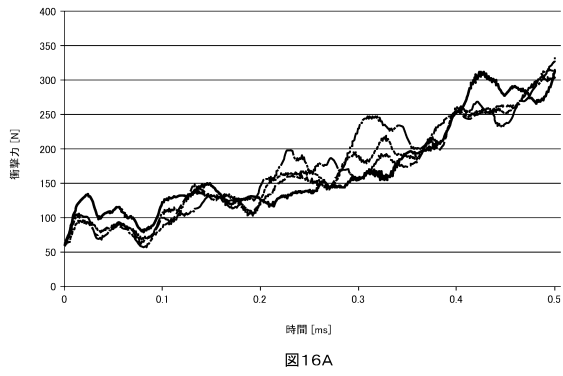
【図 1 4】



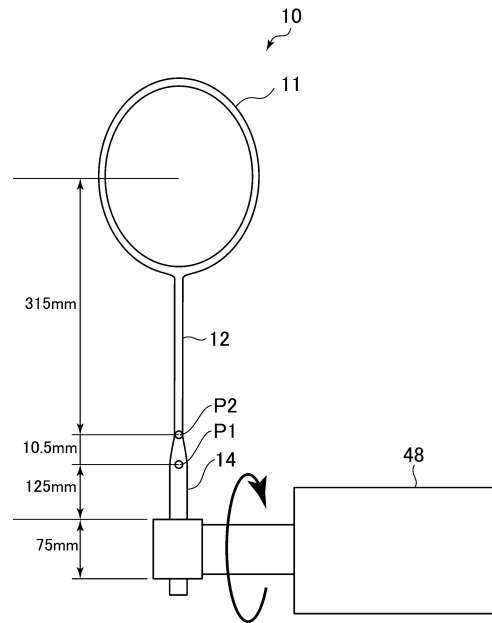
【図 1 5】



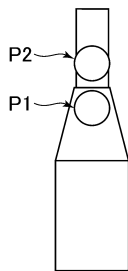
【図16】



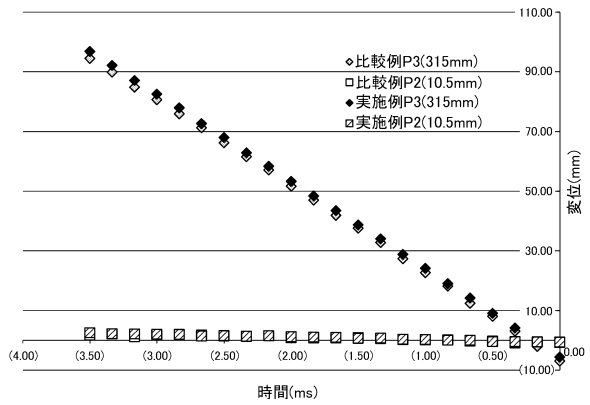
【図17】



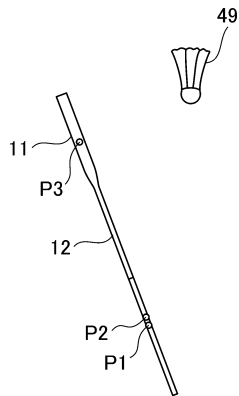
【図18】



【図20】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
B 3 2 B	1/08	(2006.01)
B 6 2 K	19/02	(2006.01)
A 6 3 B	102/02	(2015.01)
A 6 3 B	102/32	(2015.01)
A 6 3 B	102/04	(2015.01)

- | | | |
|---------|---------------------|------------|
| (72)発明者 | 小向 拓治 | |
| | 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 | ニッタ株式会社内 |
| (72)発明者 | 中井 勉之 | |
| | 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 | ニッタ株式会社内 |
| (72)発明者 | 輝平 広美 | |
| | 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 | ニッタ株式会社内 |
| (72)発明者 | 鬼塚 麻季 | |
| | 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 | ニッタ株式会社内 |
| (72)発明者 | 宇野 寿一 | |
| | 新潟県長岡市塚野山900-1 | ヨネックス株式会社内 |
| (72)発明者 | 後藤 武俊 | |
| | 新潟県長岡市塚野山900-1 | ヨネックス株式会社内 |

審査官 槇 俊秋

- (56)参考文献 特開2012-143515(JP,A)
 特開2016-194165(JP,A)
 特開2012-147846(JP,A)
 特開2008-200272(JP,A)
 特開2009-165703(JP,A)
 特開2006-334305(JP,A)
 特開2007-325823(JP,A)
 特開2004-298357(JP,A)
 国際公開第2010/041362(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 3 B 49/02 - 49/10
 A 6 3 B 53/10
 A 6 3 C 5/00 - 5/16
 C 0 8 J 5/06
 D 0 6 M 11/74
 B 3 2 B 1/08
 B 6 2 K 19/02 - 19/16
 A 6 3 B 102/02
 A 6 3 B 102/04
 A 6 3 B 102/32
 B 2 9 C 70/16