

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7002867号**  
**(P7002867)**

(45)発行日 令和4年1月20日(2022.1.20)

(24)登録日 令和4年1月5日(2022.1.5)

(51)国際特許分類

G 0 1 N      3/307(2006.01)

F I

G 0 1 N

3/307

請求項の数 10 外国語出願 (全21頁)

(21)出願番号	特願2017-132122(P2017-132122)	(73)特許権者	500520743 ザ・ボーイング・カンパニー The Boeing Company アメリカ合衆国、60606-2016 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサ イド・プラザ、100
(22)出願日	平成29年7月5日(2017.7.5)	(74)代理人	110002077 園田・小林特許業務法人
(65)公開番号	特開2018-48998(P2018-48998A)	(72)発明者	ス威ィート、ウイリアム ジェー。 アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサ イド プラザ 100
(43)公開日	平成30年3月29日(2018.3.29)	(72)発明者	ハウゼン、ケヴィン リチャード アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサ イド プラザ 100
審査請求日	令和2年7月3日(2020.7.3)		最終頁に続く
(31)優先権主張番号	15/211,891		
(32)優先日	平成28年7月15日(2016.7.15)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 延性材料の動的応力 / 歪応答を測定するためのデバイス

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

材料の動的引張応力 / 歪応答を測定するための装置であって、

ベース(102)、前記ベース(102)により支持されたストライカ棒(104)、前記ベース(102)により支持されたストレッチャ棒(106)、前記ベース(102)により支持され、前記ストライカ棒(104)を前記ストレッチャ棒(106)に向けて駆動するように構成された駆動アセンブリ(114)、前記ベース(102)により支持され、試験サンプル(600、1100)の第1の部分を受容し、前記試験サンプル(600、1100)の前記第1の部分を固定された位置に維持するように構成された、静止被検査物マウント(132)、及び前記ストレッチャ棒(106)に取り付けられた可動被検査物マウント(134)であつて、前記試験サンプル(600、1100)の第2の部分を受容するように構成された、可動被検査物マウント(134)

を備え、

前記ストライカ棒(104)が、前記ストレッチャ棒(106)と一列に整列するよう配置され、且つ前記可動被検査物マウント(134)と衝突するように構成され、前記ストレッチャ棒(106)及び前記可動被検査物マウント(134)が、前記試験サンプル(600、1100)の試験又は測定の間に、前記ストライカ棒(104)による前記可動被検査物マウント(134)への衝撃により、前記静止被検査物マウント(132)か

ら離れる方向に移動するように構成されている、装置。

**【請求項 2】**

前記ストライカ棒（104）が、前記ストライカ棒（104）による前記可動被検査物マウント（134）への前記衝撃からもたらされる、前記ストレッチャ棒（106）を通る圧力波を生成するように構成され、

前記圧力波が、前記ストレッチャ棒（106）の第1の端部から前記ストレッチャ棒（106）の第2の端部へ移動し、前記ストレッチャ棒（106）の前記第1の端部に戻るよう、前記ストライカ棒（104）と前記ストレッチャ棒（106）が構成され、

前記ストライカ棒（104）の前記ストレッチャ棒（106）との物理的な接觸の間に、前記圧力波が、前記ストレッチャ棒（106）の前記第1の端部から前記ストライカ棒（104）の中へ移動するよう、前記ストライカ棒（104）と前記ストレッチャ棒（106）が構成され、及び

前記圧力波が前記ストレッチャ棒（106）の前記第1の端部から前記ストライカ棒（104）の中へ移動した後で、前記ストライカ棒（104）と前記ストレッチャ棒（106）が、互いから物理的に分離するように構成され、それによって、前記試験サンプル（600、1100）の前記試験又は測定の間に、前記圧力波が前記ストライカ棒（104）内に閉じ込められる、請求項1に記載の装置。

**【請求項 3】**

前記ストライカ棒（104）が、第1の材料から形成され、

前記ストレッチャ棒（106）が、前記第1の材料から形成され、

前記ストライカ棒（104）が、第1の長さを有し、

前記ストレッチャ棒（106）が、第2の長さを有し、及び

前記第1の長さが、前記第2の長さよりも長い、請求項2に記載の装置。

**【請求項 4】**

前記ストライカ棒（104）が、第1の材料から形成され、

前記ストレッチャ棒（106）が、前記第1の材料とは異なる第2の材料から形成され、及び

前記圧力波が前記第2の材料を通るときよりも前記第1の材料を通るときに遅い速度で移動するよう、前記第1の材料と前記第2の材料が構成されている、請求項2又は3に記載の装置。

**【請求項 5】**

前記静止被検査物マウント（132）を受容する被検査物マウント支持体を更に備える、請求項1から4のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記被検査物マウント支持体が、前記被検査物マウント支持体を通る第1の開孔を備え、前記静止被検査物マウント（132）が、前記静止被検査物マウント（132）を通る第2の開孔を備え、及び前記ストライカ棒（104）が、前記可動被検査物マウント（134）に衝撃を与える前に、前記第1の開孔と前記第2の開孔を通って延伸するように構成されている、請求項5に記載の装置。

**【請求項 7】**

前記駆動アセンブリ（114）が、チャネルアセンブリ内に配置されたばねを備え、及び前記ばねが、前記ストライカ棒（104）を前記ストレッチャ棒（106）に向けて駆動するように構成されている、請求項6に記載の装置。

**【請求項 8】**

前記静止被検査物マウント（132）が、内部に、前記試験サンプル（600、1100）の前記第1の部分を受容するように構成された第1の溝を備え、

前記可動被検査物マウント（134）が、内部に、前記試験サンプル（600、1100）の前記第2の部分を受容するように構成された第2の溝を備え、及び

前記静止被検査物マウント（132）と前記可動被検査物マウント（134）のうちの少なくとも一方が、内部に、前記試験サンプル（600、1100）の前記試験又は測定の

10

20

30

40

50

間に、前記試験サンプル（600、1100）が凹部にまたがるように構成された前記凹部を備え、

前記凹部は、前記静止被検査物マウント（132）と前記可動被検査物マウント（134）とが互いに当接する位置において、前記第1の溝又は前記第2の溝の底部に配置されている、請求項1から7のいずれか一項に記載の装置。

#### 【請求項9】

前記ストライカ棒（104）を準備位置に維持し、前記試験又は測定を開始するために前記ストライカ棒（104）を解放するように構成された、解放アセンブリを更に備える、請求項1から8のいずれか一項に記載の装置。

#### 【請求項10】

請求項1から9のいずれか一項に記載の装置を用いて、試験サンプル（1100）の動的引張応力／歪応答を測定する方法であって、

前記ストライカ棒（104）を前記ストレッチャ棒（106）に向けて駆動することと、前記ストライカ棒（104）を前記可動被検査物マウント（134）と衝突させることと、前記ストライカ棒（104）による前記可動被検査物マウント（134）への衝撃により、前記可動被検査物マウント（134）を前記静止被検査物マウント（132）から離れる方向に移動することと、

前記可動被検査物マウント（134）を前記静止被検査物マウント（132）から離れる方向に移動することにより、前記静止被検査物マウント（132）及び前記可動被検査物マウント（134）に取り付けられた前記試験サンプル（600、1100）に、動的引張応力及び／又は歪を与えることと、

を含む方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本教示は、材料計測学の分野に関し、特に、可撓性の柔軟な材料又は別の材料の応力及び歪特性を測定するためのデバイスに関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

このセクションは、必ずしも従来技術ではない、本開示に関する背景情報を提供する。

##### 【0003】

構造物の設計及び製造は、構造的構成要素又はデバイスの基礎構造に対する適切な材料の選択を必要とする。適切な材料を選択するために、科学者、エンジニア、デザイナー、設計者などは、材料が破壊するまで耐え得る応力及び歪などの材料の特定の知識を必要とする。ほとんどの材料は、速度依存性の（rate dependent）特性を示し、多くの用途は、材料を低い歪速度の荷重と高い歪速度の荷重の両方に晒す。

##### 【0004】

材料の物理的特性と応力特性を試験し資格を与えるために、様々な測定デバイスが開発されてきた。例えば、スプリットホプキンソン圧力棒が使用されて、材料の動的応力歪応答を試験し得る。スプリットホプキンソン圧力棒の使用の間に、被検査物又は試験サンプルが、入射棒と伝達棒との間に配置され、入射棒と伝達棒に物理的に接触する。被検査物から離れた入射棒の第1の端部において、応力波、圧力波、又は入射波が、ストライカ棒を使用して生成される。入射波は、第1の端部から入射棒を通って、被検査物に物理的に接触する第2の端部に向けて伝播する。被検査物に到達した際に、入射波からのエネルギーの第1の部分は、被検査物を通って移動し、一方、第2の部分は、被検査物から離れるよう反射し、入射棒を通って戻る。波の第1の部分は、被検査物を通って移動し、被検査物に応力を与え、且つ、被検査物を変形させ、その後、被検査物に物理的に接触した伝達棒に伝達される。伝達棒の動きは、モーメンタム棒とモーメンタムトラップによって停止され得る。

##### 【0005】

10

20

30

40

50

入射波の第1と第2の部分が、それぞれ、入射棒と伝達棒の端部に到達したときに、入射波の幾らかの部分は、棒の端部から離れるように反射し、複数回にわたり棒を通って前後に速く移動する。入射波が棒の端部にある被検査物に到達したときは何時でも、入射波エネルギーの一部分が、被検査物に伝達され、被検査物は、再び高い応力に晒される。入射棒と伝達棒を通るこれらの入射波の前後移動は、したがって、被検査物を通り、被検査物内で階段状運動と非定常歪速度を生成する。スプリットホブキンソン圧力棒測定は、したがって、第1の運動ステップの間にのみ有効であるが、多くの材料は、その第1の運動ステップの間には破壊しない。

#### 【0006】

更に、加硫物（例えば、天然ゴム）、エラストマー（例えば、シリコーン、ポリマー）などの、弾性材料の動作及び破壊特性は、密封材、バリア、振動減衰材、衝撃吸収材、及びクッション材としての使用、更に、他の使用に対して、材料を選択することにおいて重要な検討事項である。スプリットホブキンソン圧力棒は、入射波が試験サンプルを通って移動する際に、入射棒と伝達棒との間の試験サンプルを圧縮力に晒す。したがって、スプリットホブキンソン圧力棒は、引張状態の材料を試験し得るが、破壊を起こすのに高い歪を必要とする被検査物に対しては上手く機能しない。更に、スプリットホブキンソン圧力棒を使用する被検査物の試験は、入射波が入射棒と伝達棒を通って前後に伝播する際に、材料を非定常歪速度に晒す。したがって、スプリットホブキンソン圧力棒は、高い歪速度を提供するが、高い歪は提供しない。サーボ機構方法を使用する他のデバイスは、高い歪を提供し得るが、高い歪速度は提供し得ない。

10

#### 【0007】

可撓性の柔軟な延性の材料などの様々な材料、及び、他の材料の一定な歪速度における引張強度と破壊応力などの、様々な特性を測定するために適切であり、高い歪速度と高い歪の両方を提供する、デバイスが、当該技術分野で必要とされている。

20

#### 【発明の概要】

#### 【0008】

以下は、本教示の1以上の実施形態の幾つかの態様の基本的な理解を提供するために簡単な概要を提示する。本概要は、広範な概説ではなく、本発明の主要な要素若しくは重要な要素を特定すること、更には本開示の範囲を正確に記述することを意図しているのではない。むしろ、本概要の主要な目的は、後に提示される詳細な説明の前置きとして、単純な形式で1以上の概念を提示するためのものに過ぎない。

30

#### 【0009】

材料の動的引張応力／歪応答を測定するための装置は、ストライカ棒、ストレッチャ棒、ストライカ棒をストレッチャ棒に向けて駆動するように構成された駆動アセンブリ、及び試験サンプルの第1の部分を受容し試験サンプルの第1の部分を固定された位置に維持するように構成された静止被検査物マウントを含む。装置は、試験サンプルの第2の部分を受容し、試験サンプルの試験又は測定の間に、静止被検査物マウントから離れて移動するように構成された、可動被検査物マウントを更に含む。一実施形態では、ストライカ棒が、ストレッチャ棒と一緒に整列するように配置され、ストレッチャ棒が、ストライカ棒による可動被検査物マウントへの衝撃により、静止被検査物マウントから離れて移動するように構成されている。ストライカ棒は、ストライカ棒による可動被検査物マウントへの衝撃からもたらされる、ストレッチャ棒を通る圧力波を生成するように構成され得る。

40

#### 【0010】

一実施形態では、圧力波が、ストレッチャ棒の第1の端部からストレッチャ棒の第2の端部に移動し、ストレッチャ棒の第1の端部に戻るように、ストライカ棒とストレッチャ棒が構成され得る。ストライカ棒のストレッチャ棒との物理的な接触の間に、圧力波が、ストレッチャ棒の第1の端部からストライカ棒の中へ移動するように、ストライカ棒とストレッチャ棒が更に構成され得る。更に、ストライカ棒とストレッチャ棒は、圧力波がストレッチャ棒の第1の端部からストライカ棒の中へ移動した後で、互いから物理的に分離するように構成され、それによって、試験サンプルの試験又は測定の間に、圧力波がストラ

50

イカ棒内に閉じ込められ得る。

**【 0 0 1 1 】**

一実施形態では、ストライカ棒とストレッチャ棒が、第1の材料から形成され、ストライカ棒は、第1の長さを有し、ストレッチャ棒は、第2の長さを有し、及び、第1の長さは、第2の長さよりも長くなり得る。別の一実施形態では、ストライカ棒は、第1の材料から形成され、ストレッチャ棒は、第1の材料とは異なる第2の材料から形成され、及び、圧力波が第2の材料を通るときよりも第1の材料を通るときに遅い速度で移動するよう、第1の材料と第2の材料が構成され得る。

**【 0 0 1 2 】**

装置は、静止被検査物マウントを受容する被検査物マウント支持体を更に含み得る。被検査物マウント支持体は、そこを通る第1の開孔を含み、静止被検査物マウントは、そこを通る第2の開孔を含み、及び、ストライカ棒は、可動被検査物マウントに衝撃を与える前に、第1の開孔と第2の開孔を通って延伸するように構成され得る。

10

**【 0 0 1 3 】**

一実施形態では、駆動アセンブリが、チャネルアセンブリ内に配置されたばねを含み、ばねは、ストライカ棒をストレッチャ棒に向けて駆動するように構成され得る。

**【 0 0 1 4 】**

静止被検査物マウントは、その内部に、試験サンプルの第1の部分を受容するように構成された第1の溝を含み得る。可動被検査物マウントは、その内部に、試験サンプルの第2の部分を受容するように構成された第2の溝を含み得る。静止被検査物マウントと可動被検査物マウントのうちの少なくとも一方は、その内部に、試験サンプルの試験又は測定の間に試験サンプルが凹部にまたがるように構成された凹部を含み得る。

20

**【 0 0 1 5 】**

装置は、ストライカ棒を準備位置に維持し試験又は測定を開始するためにストライカ棒を解放するように構成された、解放アセンブリを更に含み得る。解放アセンブリは、電源に電気的に接続された電磁石を含み、解放アセンブリは、電磁石が電力供給されたときにストライカ棒を準備位置に維持するように構成され得る。更に、解放アセンブリは、電磁石から電力を除去した際に、試験又は測定を開始するように構成され得る。

**【 0 0 1 6 】**

試験サンプルを試験又は測定するための方法は、ストライカ棒をストレッチャ棒に向けて駆動すること、ストライカ棒を用いて可動被検査物マウントへ衝撃を与えることにより、ストライカ棒が可動被検査物マウントへ衝撃を与えることにより、可動被検査物マウントを静止被検査物マウントから離れるように移動させること、及び、可動被検査物マウントを静止被検査物マウントから離れるように移動させることにより、静止被検査物マウントと可動被検査物マウントに取り付けられた試験サンプルに、動的引張応力及び／又は歪を与えることを含む。

30

**【 0 0 1 7 】**

該方法は、ストライカ棒が可動被検査物マウントへ衝撃を与えることにより、ストレッチャ棒内に圧力波を生成することを更に含み得る。圧力波は、ストレッチャ棒の第1の端部からストレッチャ棒の第2の端部へ移動し、ストレッチャ棒の第1の端部に戻る。該方法は、ストライカ棒の可動被検査物マウントとの物理的な接触の間に、可動被検査物マウントからストライカ棒の中へ圧力波を伝達すること、可動被検査物マウントから圧力波が伝達された後で、可動被検査物マウントからストライカ棒を物理的に分離して、それらの間に隙間を形成し、それによって、ストレッチャ棒からの圧力波を除去し、ストライカ棒内に圧力波を閉じめることを含み得る。

40

**【 0 0 1 8 】**

該方法は、駆動アセンブリを使用して、ストライカ棒をストレッチャ棒に向けて駆動することを更に含み得る。ストライカ棒による可動被検査物マウントへの衝撃の前に、ストライカ棒は、静止被検査物マウントを通る開孔の中で延伸し得る。

**【 0 0 1 9 】**

50

試験材料の矩形状ストリップを形成すること、支持体材料を試験材料の矩形状ストリップの2以上の端部に接着し、第1の装着ストリップと第2の装着ストリップを提供すること、第1の装着ストリップを静止被検査物マウント内の第1の溝の中へ配置すること、第2の装着ストリップを可動被検査物マウント内の第2の溝の中へ配置すること、及び、試験材料が静止被検査物マウントと可動被検査物マウントのうちの少なくとも1つによって形成された凹部にまたがるように、凹部を覆って試験材料を配置することを含む、方法を使用して、試験サンプルが準備され得る。試験材料は、スペックルパターンで被覆され得る。一実施形態では、試験サンプルに動的引張応力及び／又は歪を与えることが、試験サンプルに、1秒毎に100から250回の動的引張歪を与えること。

#### 【0020】

10

この明細書に組み込まれ、且つ、この明細書の一部を構成する添付図面は、本教示の実施形態を例示しており、説明部分と共に、本開示の原理を解説するために役立っている。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0021】

【図1】被検査物の特性及び応答を測定及び試験するために使用され得る、本教示の一実施形態による、デバイスの斜視図である。

##### 【図2】図1の構造を描く平面図である。

##### 【図3】図1の構造を描く側面図である。

【図4】本教示の一実施形態による、被検査物取り付けアセンブリを描く側面透視図である。

20

##### 【図5】本教示の一実施形態による、被検査物取り付けアセンブリを含む斜視図である。

【図6】本教示の一実施形態による、被検査物取り付けアセンブリ及び試験サンプルを描く側面図である。

##### 【図7】準備位置にある図1のデバイスの斜視図である。

##### 【図8】ストライカ棒が可動被検査物マウントに接触する際の図6の側面図である。

【図9】ストライカ棒による可動被検査物マウントへの衝撃の後で、試験サンプルを引張応力及び／又は歪に晒している間の、図8の構造の側面図である。

【図10】図10は、本教示の一実施形態による、試験サンプルを試験又は測定するための方法のフローチャートである。

【図11】本教示の一実施形態による、試験サンプル、静止被検査物マウント、及び可動被検査物マウントの側面図である。

30

##### 【図12】試験サンプルを取り付けた後の図11の構造の側面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0022】

図面の幾つかの詳細は、厳密な構造的精度、詳細、及び縮尺を維持することよりもむしろ、本教示の理解を容易にするように、単純化され描かれていることに注意せよ。

##### 【0023】

添付図面に例が示される本開示の例示的な実施形態に、以下で詳しく言及していく。可能な場合には、同一又は類似の部品を言及するのに、図面全体を通して同一の参照番号が使用されることになる。

40

##### 【0024】

本教示は、弾性又は非弾性の材料サンプルなどの、試験被検査物の性能データを試験及び／又は取得するための方法及び構造を提供する。該方法は、比較的一定な歪速度にわたる材料サンプルの引張強度の動的測定を含み得る。従来の幾つかの測定技術が、試験被検査物のみならず様々なデバイス構造を通して圧力波を複数回だけ前後に伝播させ、試験被検査物の非定常応力／歪をもたらしたが、本教示のデバイス又は試験構造は、ある実施形態で、様々なデバイス構造及び試験サンプルを通じて低減された圧力波の伝播を有し、それによって、より正確な応力及び／又は歪データをもたらし得る。

##### 【0025】

試験サンプルの引張特性、性能データ、又は他の物理的特性を試験及び／又は測定するた

50

めのデバイス又は装置 100 の、図 1 は斜視図、図 2 は平面図、及び図 3 は側面図である。図 1 ~ 図 3 が、例示的な構造を描いていること、様々な描かれているデバイス構造が除去され又は変形され得る一方で、本教示による測定デバイスが、簡略化のために描かれていない他のデバイス構造を含み得ることは、理解されるだろう。

#### 【 0026 】

デバイス 100 は、1 以上のファスナ、例えば、(簡略化のために個別には描かれていな  
い) 1 以上のねじ、ボルト、くぎ、クリップ、クランプ、接着剤などを使用して、他の測定デバイス基礎構造が装着され及び / 又は取り付けられるところの、ベース 102 を含み得る。測定デバイス 100 は、ストライカ棒 104、ストレッチャ棒 106、及び被検査物取り付けアセンブリ 108 を更に含む。

10

#### 【 0027 】

デバイス 100 は、ストライカ棒 104 を誘導及び支持し且つ使用の間にストレッチャ棒 106 に向けて及びストレッチャ棒から離れるようなストライカ棒 104 の軸方向の動きを可能にする、ベース 102 に取り付けられた 1 以上のストライカ棒支持体 110 を更に含み得る。各ストライカ棒支持体 110 は、1 以上のブッシング(例えば、ソリッドスリーブブッシング又はスプリットブッシング)、ローラベアリング、又は他の低摩擦支持体などの、1 以上のペアリング 500(図 5 参照)を含み得る。それらは、ストライカ棒 104 の低摩擦で軸方向の動きを支持し可能にする。同様に、デバイス 100 は、ストレッチャ棒 106 を誘導及び支持し且つ使用の間にストライカ棒 104 に向けて及びストライカ棒 104 から離れるようなストレッチャ棒 106 の軸方向の動きを可能にする、ベース 102 に取り付けられた 1 以上のストレッチャ棒支持体 112 も含み得る。各ストレッチャ棒支持体 112 は、1 以上のブッシング(例えば、ソリッドスリーブブッシング又はスプリットブッシング)、ローラベアリング、又は他の低摩擦支持体などの、1 以上のペアリングを含み得る。それらは、ストレッチャ棒 106 の低摩擦で軸方向の動きを支持し可能にする。

20

#### 【 0028 】

図 1 ~ 図 3 のデバイス 100 は、駆動アセンブリ 114 と解放アセンブリ 116 を更に含む。駆動アセンブリ 114 は、例えば、1 以上のばね、圧縮ガス、又は別の方法を使用して、ストライカ棒 104 をストレッチャ棒 106 に向けて駆動するように構成されている。駆動アセンブリ 114 がストライカ棒 104 を駆動する際の力は、例えば、種々の試験サンプル材料と試験条件を受け入れるように調整可能であり得る。解放アセンブリ 116 は、ストライカ棒 104 を、準備位置、係合位置、又は突撃位置に維持若しくは保持し、ストライカ棒 104 を、試験サンプルの試験又は測定(以後、集合的に「試験」)を開始するために解放するように構成されている。ばねを含む駆動アセンブリ 114 では、デバイス 100 が準備位置にあるときに、ばねが、引張状態に保持され得る。高速作動ガスバルブを含む駆動アセンブリ 114 では、デバイス 100 が準備位置にあるときに、ガスが、容器内で圧縮され得る。本明細書で説明されるものに加えて、デバイス 100 の他のアセンブリのみならず、駆動アセンブリ 114 と解放アセンブリ 116 の他の実施態様が考慮される。

30

#### 【 0029 】

図 1 ~ 図 3 のデバイス 100 の駆動アセンブリ 114 は、ストライカ棒 104 を取り巻くばね 118 とばね 118 の第 1 の端部 119 に取り付けられたリテナー 120 とを含む。スプリング 118 の第 2 の端部 121 は、チャネルアセンブリ 123 内でストライカ棒 104 に固定され得る。少なくともばね 118 の一部分とストライカ棒 104 の一部分が、チャネルアセンブリ 123 のチャネル内に配置され及び / 又は閉じ込められている。駆動アセンブリ 114 は、リテナー 120 に隣接したプレート 122 を更に含み得る。プレート 122 は、鉄、鉄合金、又は別の強磁性材料などの、強磁性材料から製造され又は強磁性材料を含むように製造され得る。一実施形態では、プレート 122 が、ストライカ棒 104 の第 1 の端部に取り付けられ、ストライカ棒 104 の第 1 の端部が、リテナー 120 内の孔を通って延在し得る。

40

50

**【 0 0 3 0 】**

解放アセンブリ 116 は、電源 126 に取り付けられた電磁石 124 を含み得る。プレート 122 を後退させた後で、プレート 122 が、電磁石 124 によって準備位置に保持され得るように、電磁石 124 が配置されている。

**【 0 0 3 1 】**

デバイス 100 は、1 以上のリトラクタ 128 を更に含み、アイドル位置から準備位置へ駆動アセンブリ 114 を後退させる助けとなり得る。リトラクタ 128 は、チャネルアセンブリ 123 から離れるようにプレート 122 を後退させ、プレート 122、ばね 118、及びストライカ棒 104 を、準備位置の中へ配置する。リトラクタ 128 は、電源、ガス源、又は油圧流体源 130 と流体連通などした、1 以上の電気、ガス、又は油圧ピストン 128 を含み得る。

10

**【 0 0 3 2 】**

被検査物取り付けアセンブリ 108 は、静止被検査物マウント 132 と可動被検査物マウント 134 を含み、それらの各々は、試験の間に被検査物（すなわち、試験サンプル）を受容し得る。静止被検査物マウント 132 は、被検査物マウント支持体 136 に取り付けられ、一方、可動被検査物マウント 134 は、ストレッチャ棒 106 の第 1 の端部に取り付けられ得る。被検査物取り付けアセンブリは、図 4 及び図 5 との関連で以下により詳細に説明される。

**【 0 0 3 3 】**

1 以上のデータ収集デバイスが使用されて、試験の間にデータを収集し得る。例えば、データ収集デバイスは、例えば、試験の間に、被検査物取り付けアセンブリ 108 に焦点を合わせた高速カメラ 140 を含み得る。データ収集デバイスは、試験の間に、ストレッチャ棒 106 の力及び / 又は加速度をモニタするために、ストレッチャ棒 106 の第 2 の端部又は別の適切な位置に配置された、加速度計 142 も含み得る。

20

**【 0 0 3 4 】**

ストライカ棒 104 が、ストレッチャ棒 106 と軸方向に一列に整列するように、デバイス 100 は組み立てられ得る。言い換えると、ストライカ棒 104 の軸は、ストレッチャ棒 106 の軸と一列に整列するように配置されている。デバイス 100 の基礎構造の配置を規定するために、任意の数のスペーサ 150 が、ベース 102 と、チャネルアセンブリ 123、ストライカ棒支持体 110、被検査物マウント支持体 136、ストレッチャ棒支持体 112 のうちの 1 以上との間に、及び / 又は必要若しくは所望に応じて他の位置に配置され得る。

30

**【 0 0 3 5 】**

ベース 102 は、テーブル又は他の取り付け面に固定されたテーブル又は面であり得る。最も正確な試験結果のために、試験の間に、デバイス 100 の振動などの意図しない動きが最小化され得る。これは、他の装備などの外部源からもたらされる振動及び他の意図しない動きを含む。デバイス 100 の構成要素とサブアセンブリは、ポリマー、スチール若しくはアルミニウムなどの金属、及び / 又は他の天然若しくは合成材料から製造され得る。

**【 0 0 3 6 】**

被検査物取り付けアセンブリ 108 の領域内のデバイス 100 の、図 4 は平面図、図 5 は斜視図である。図 4 及び図 5 は、2 つの異なる位置にあるデバイス 100 を描いているが、被検査物取り付けアセンブリ 108 に取り付けられる試験サンプルは存在していない。描かれているように、被検査物マウント支持体 136 は、試験の間にそこを通ってストライカ棒 104 が延伸するところの、開孔 400 を含む。更に、静止被検査物マウント 132 も、試験の間にそこを通ってストライカ棒 104 が延伸するところの、開孔 402 を含み、開孔 400 は開孔 402 と位置合わせされ、それらを通るストライカ棒 104 の通過を可能にする。開孔 400、402 は、ストライカ棒 104 が、被検査物マウント支持体 136 と静止被検査物マウント 132 を通って延伸又は通過し、可動被検査物マウント 134 の露出された面 404 と物理的に接触して、試験の間に、ストレッチャ棒 106 と取り付けられた可動被検査物マウント 134 とを駆動することを可能にする。上述されたよ

40

50

うに、図5は、ストライカ棒支持体110とストレッチャ棒支持体112内のペアリング500も描いている。

#### 【0037】

描かれているように、静止被検査物マウントは、1以上のボルト又は簡易着脱ファスナなどのファスナ406を使用して、被検査物マウント支持体136に除去可能に又は永続的に取り付けられ得る。可動被検査物マウント134は、1以上のボルト又は簡易着脱ファスナなどのファスナ408を使用して、ストレッチャ棒106に除去可能に又は永続的に取り付けられ得る。別の一実施形態では、静止被検査物マウント132と被検査物マウント支持体136は、静止被検査物マウント132が、被検査物マウント支持体136の部分であるように、単一の材料のピースから製造され得る。更に、ストレッチャ棒106と可動被検査物マウント134は、可動被検査物マウント134が、ストレッチャ棒106の部分であるように、単一の材料のピースから製造され得る。

10

#### 【0038】

図6は、テープ、エポキシ、クランプなどの1以上のファスナ602を使用して、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134に取り付けられた、試験サンプル600を有する被検査物取り付けアセンブリ108の領域内の断面図である。例えば、試験サンプル600は、少なくとも部分的に又は全体的に、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134との両方の円周の周りに巻き付けられた、可撓性の柔軟な材料の矩形状ストリップであり得る。図6で描かれているように、凹部604にまたがる試験サンプル600の一部分が、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134によって物理的に支持されないように、試験サンプル600は、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134のうちの一方又は両方によって形成された凹部604にまたがる。図6は、試験サンプル600を試験する前の、被検査物取り付けアセンブリ108を描いている。ストライカ棒104は、可動被検査物マウント134の露出された面404を打つ前の、準備位置にある。

20

#### 【0039】

試験を実行するために、図1のデバイス100は、先ず、準備位置の中に配置される。描かれている実施形態では、プレート122が、ガス源130を使用して、1以上のガスピストン128を圧縮することによって電磁石124に向けて移動され、図7で描かれているように、プレート122が、電磁石124に係合し又は物理的に接触するように、各ガスピストン128のアーム152が延伸する。電磁石124は、プレート122を準備位置に維持するように電力供給され、ガスピストン128は、圧縮解除されて、プレート122から離れるようにアーム152を後退させる。この位置では、ポテンシャルエネルギーが、チャネルアセンブリ123内のばね118に与えられている。

30

#### 【0040】

例示のために、図7は、試験被検査物が被検査物取り付けアセンブリ108内に配置されていない状態の、静止被検査物マウント132から離れて配置された可動被検査物マウント134を描いている。図6で描かれているように、通常、デバイス100を準備位置に配置する前に、試験サンプル600が、被検査物取り付けアセンブリ108内に配置される。

40

#### 【0041】

試験サンプル600を、デバイス100の被検査物取り付けアセンブリ108の中へ配置し、デバイス100を準備位置の中へ配置した後で、電磁石124から電力を除去することによって試験が開始され得る。ばね118に与えられたポテンシャルエネルギーは、解放され、運動エネルギーに変換される。それは、ストライカ棒104をストレッチャ棒106に向けて駆動する。試験フェーズの間に、ストライカ棒104の第2の端部が、被検査物マウント支持体136を通って開孔400の中へ、静止被検査物マウント132を通って開孔402の中へ延伸し、可動被検査物マウント134の露出された面404に物理的に接触する。図8は、可動被検査物マウント134の面404に、ちょうど接触した際のストライカ棒104を描いている。

50

**【 0 0 4 2 】**

次に、ストライカ棒 104 からのエネルギーが、ストレッチャ棒 106 に取り付けられた可動被検査物マウント 134 に伝達され、ストレッチャ棒 106 と可動被検査物マウント 134 は、例えば、図 9 で描かれているように、静止被検査物マウント 132 から離れるように駆動される。描かれているように、静止被検査物マウント 132 から離れる可動被検査物マウント 134 の動きは、それによって、試験サンプル 600 に引張応力と引張歪を与える。ストライカ棒 104 が十分な力で駆動されるならば、試験サンプル 600 は、部分的に又は全体的に、引張応力又は歪から破壊し得る。

**【 0 0 4 3 】**

ストライカ棒 104 が、可動被検査物マウント 134 の露出された面 404 に与える力は、例えば、より高い圧縮力のばね（すなわち、より堅いばね）を有するばね 118 を使用することによって、及び / 又はばね 118 が準備位置でより高いポテンシャルエネルギーの下に配置されるように、電磁石 124 をチャネルアセンブリ 123 から更に離れるように移動させることによって増加され得る。一実施形態では、ベース 102 が、電磁石マウント 156 を通る 1 以上の調整ボルト 158 を受容する 1 以上のスロット 154 を含み得る。調整ボルト 158 は、電磁石マウント 156 と電磁石マウント 156 に取り付けられた電磁石 124 との再配置のために緩められ得る。その後、調整ボルト 158 は、電磁石マウント 156 と電磁石 124 を固定するために締め付けられ得る。

10

**【 0 0 4 4 】**

試験サンプルの試験の間に、データは、高速カメラ 140 及び / 又は加速度計 142 などの、任意の数の所望のデータ収集デバイスによって収集され得る。

20

**【 0 0 4 5 】**

ストライカ棒 104 が可動被検査物マウント 134 に接触したときに、可動被検査物マウント 134 を通ってストレッチャ棒 106 の中へ伝播する圧力波が生成される。圧力波が、ストレッチャ棒 106 の第 2 の端部（すなわち、可動被検査物マウント 134 とは反対側の端部）に到達したときに、圧力波は、第 2 の端部から離れるように反射し、ストレッチャ棒 106 と可動被検査物マウント 134 を通って戻るように伝播する。上述されたように、スプリットホプキンソン圧力棒では、圧力波が、棒と試験サンプルを通って複数回だけ前後に伝播することを継続し、それによって、試験サンプル内で及び試験サンプルを通って非連続な応力及び非連続な歪を生成する。スプリットホプキンソン圧力棒の動作とは対照的に、装置 100 のストライカ棒 104 とストレッチャ棒 106 は、試験サンプル 600 に、より連続的な応力を提供するように設計され得る。

30

**【 0 0 4 6 】**

一実施形態では、デバイス 100 のストライカ棒 104 とストレッチャ棒 106 が、圧力波の 1 サイクルのみがストレッチャ棒 106 を通った後で、圧力波がストライカ棒 104 内に閉じ込められるように設計又は選択され得る。図 8 で描かれるように、ストライカ棒 104 とストレッチャ棒 106 との間の最初の接触に際して、ストレッチャ棒 106 を通ってストレッチャ棒 106 の第 2 の（反対側の）端部へ伝播し、第 2 の端部から離れるように反射して第 1 の端部に戻る、第 1 の圧力波が生成される。同様に、この最初の接触に際して、ストライカ棒 104 を通ってストライカ棒 104 の第 1 の（反対側の）端部に伝播し、第 1 の端部から離れるように反射して第 2 の端部に戻る、第 2 の圧力波が生成される。

40

**【 0 0 4 7 】**

ストレッチャ棒 106 を通る第 1 の圧力波の移動の間に、ストライカ棒 104 は、露出された面 404 に物理的に接触したままである。一旦、第 1 の圧力波がストレッチャ棒 106 の第 1 の端部に戻ると、第 1 の圧力波は、ストライカ棒 104 に入る。このポイントにおいて、ストライカ棒 104 とストレッチャ棒 106 は、図 9 で描かれているように分離し、それによって、ストライカ棒 104 の第 2 の端部と可動被検査物マウント 134 の露出された面 404 との間に隙間 900 が存在し、それによって、第 1 の圧力波が、ストライカ棒 104 の第 1 の端部から離れるように反射してストライカ棒 104 の第 2 の端部に

50

戻るときに、第1の圧力波は、ストレッチャ棒106に再度入ることができない。同様に、第2の圧力波は、ストレッチャ棒106に入ることができない。間隙900は、試験サンプル600の試験が完了するまで、そのままである。したがって、試験サンプルを複数回だけ圧力波に晒すスプリットホプキンソン圧力棒とは対照的に、試験サンプル600は、より少ない回数だけ圧力波に晒され、それによって、試験の間に、より連續的な応力を試験サンプルに与える。対照的に、スプリットホプキンソン圧力棒は、試験デバイスと試験被検査物を通じて伝播及び反射を継続する波を有する。これは、階段状運動と非定常歪を生成する。少なくともこの理由で、スプリットホプキンソン圧力棒の測定は、第1のステップの間にのみに有効である。

#### 【0048】

一実施形態では、ストライカ棒104がストレッチャ棒106に衝撃を与えたときに、両方の棒104、106内に圧縮波が生成される。圧縮波は、衝撃位置から外へ伝播する。圧縮波が、各棒104、106の反対側の端部に到達したときに、圧縮波は、2つ棒104、106の間のインターフェースに向けて（すなわち、試験サンプル600に向けて）戻る引張波（tension wave）として反射する。正味の結果は、引張波と次に来る圧縮波とが組み合わされて、ゼロの正味の圧力を生成するということである。しかし、ストライカ棒104からの引張波とストレッチャ棒106からの引張波が合流したときに、それらの引張波は組み合わされて、正味の引張応力を生成する。ストライカ棒104とストレッチャ棒106が同じ長さであるならば、2つの棒104、106の間のインターフェースにおいて、先ず、引張応力が生成される。インターフェースは、引張を支持することができない。だから、棒104、106は分離する。この場合には、その後、応力波が、ストレッチャ棒106を通じて伝播及び反射を継続した状態で、ストレッチャ棒106が離れる。この波の通過は、ストレッチャ棒106が、望ましくない階段状運動を有することをもたらし、したがって、試験被検査物600内に非定常歪をもたらす。しかし、ストレッチャ棒106がストライカ棒104よりも短いならば、反射した引張波は、合流し、ストライカ棒104内で組み合わされる。この引張波が2つの棒104、106の間のインターフェースに到達したときに、引張波は、2つの棒104、106の分離をもたらし、それによって、滑らかな線形運動でストレッチャ棒106を離れるストライカ棒104内に波を閉じ込める。

#### 【0049】

一実施形態では、ストライカ棒104とストレッチャ棒106は、同じ材料、例えば、ステンレススチール、アルミニウム、他の金属若しくは金属合金、又は別の適切な材料から製造され得る。この実施形態では、圧力波が、同じ速度で、ストライカ棒104とストレッチャ棒106の両方を通じて移動する。ストライカ棒104とストレッチャ棒106との間の接触のタイミング（すなわち、「接触タイミング」）は、第1の長さを有するストライカ棒104と第2の長さを有する（可動被検査物マウント134を含む）ストレッチャ棒106を提供することによって選択され得る。ここで、第1の長さは、第2の長さよりも長い。この実施形態では、第2の波がストライカ棒104を通過する前に、第1の圧力波が、ストレッチャ棒106を通過し、ストライカ棒104に入る。何故ならば、ストライカ棒104内の第2の波は、より長い移動距離を有しているからである。第2の波がストライカ棒104の第2の端部に到達する前に、ストライカ棒104とストレッチャ棒106は、分離して間隙900を形成する。

#### 【0050】

別の一実施形態では、ストライカ棒104が、第1の材料から製造され、ストレッチャ棒106が、第2の材料から製造され得る。ここで、第1の材料は、第2の材料よりも遅い率又は遅い速度で圧力波を伝播する。したがって、この実施形態では、ストライカ棒104とストレッチャ棒106は、同じ長さを有し、接触タイミングは、それから棒が形成されるところの材料によって制御され得る。この実施形態では、ストライカ棒104が、真ちゅうから形成され、一方、ストレッチャ棒106が、スチールから形成され得る。ここで、スチール内の波の速度は、真ちゅうのものの近似的に1.7倍である。したがって、

10

20

30

40

50

接触タイミングそれ自体は、上述のものと同様であり得る。それによって、2つの棒104、106が分離し間隙900が生じたときに、第1と第2の圧力波が、ストライカ棒104内に閉じ込められる。何れにせよ、ストライカ棒104とストレッチャ棒106が衝撃の際に変形しないように、又は変形からもたらされるサンプル600の測定における任意のエラーが許容可能な範囲内に含まれるように、材料が選択される。

#### 【0051】

図10は、本教示の一実施形態による、試験サンプルを試験又は測定するための例示的な方法1000のフロー・チャートである。説明される方法は、例示的な方法であることが理解されるだろう。実施されたときに、本教示による方法は、説明され及び／又は描かれたものよりも少ないと見なされる。説明される処理ステージは、本明細書で説明されるものとは異なる順序で実施され得る。更に、方法1000は、図1～図9、図11、及び図12の装置の1以上の部分の動作によって処理され、したがって、それらを参照することによって説明され得る。しかし、方法1000は、特に明示的に述べられなければ、任意の特定の構造に限定されない。

10

#### 【0052】

一実施形態では、1以上の試験サンプルが、1002で説明されるような測定のために準備され得る。試験サンプルは、弾性材料、例えば、シリコーン又は他のポリマーであり得る。又は試験サンプルは、セラミック、金属、金属合金、天然若しくは合成複合材料などの固体であり得る。一実施形態では、試験材料のシートが、例えば、均一又は不均一な厚さに対して液体又はゲルを分注することによって準備され得る。試験材料は、熱処理、紫外線光、又は別の適切な処理を使用して硬化され得る。試験材料は、試験のための所望の形状へと形成され、成型され、切断などされ得る。例えば、試験材料のシートは、複数の矩形状ストリップなどの、複数の試験サンプルへ分割され得る。一実施形態では、試験のために、堅い材料が、例えば、シートへ圧縮若しくはスタンプされ、又はワイヤーへ引き延ばされ得る。試験サンプルは、材料の単一の層、又は1以上の材料の2以上の層を含み得る。

20

#### 【0053】

一実施形態では、試験サンプルが、試験材料から1以上の矩形状ストリップを形成することによって準備され得る。例えば、図11は、被検査物取り付けアセンブリ108の部分の分解拡大された断面であり、試験サンプル1100を描いている。図11の断面は、試験サンプル1100の幅の全体にわたるセクションであり、試験サンプル1100は、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134の両方の円周の周りで、部分的に又は全体的に延在し得る。試験サンプル1100は、試験材料1102、更には、装着ストリップ1104を提供するために、試験材料1102の2以上の端部に接着された、エポキシ、別の合成若しくは天然接着剤、又は他の支持材料などの支持材料を含み得る。試験材料1102に対する装着ストリップ1104の引張接着は、試験又は測定の間に、試験材料1102からの装着ストリップ1104の剥離を妨げるために、試験材料1102が破壊する引張応力を超えるべきである。更に、装着ストリップ1104の引張強度は、試験材料1102の破壊の前に装着ストリップ1104が破壊することを妨げるために、試験材料1102の引張強度を超えるべきである。一実施形態では、装着ストリップ1104が、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134の円周の範囲内及び周りに形成された試験サンプル溝1106内にフィットするようにサイズ決定され、構成されている。静止被検査物マウント132は、それによって、試験サンプル1100の第1の部分を受容し、試験又は測定の間に、試験サンプルの第1の部分を固定された位置に維持する。更に、可動被検査物マウント134は、それによって、試験サンプル1100の第2の部分を受容し、試験サンプル1100の試験又は測定の間に、静止被検査物マウント132から離れるように移動する。一実施形態では、試験サンプル1100の準備は、例えば、デジタル画像相関(digital image correlation)を伴う使用のために、試験材料1102をスペックルパターン1108で被覆することを含み得る。例えば、スペックルパターン1108は、光反射ポリマー、銀フレークなどの

30

40

50

金属フレーク、又は別の光反射材料を含み得る。

**【 0 0 5 4 】**

1004で説明されているように、試験サンプルは、被検査物取り付けアセンブリに取り付けられる。例えば、これは、図12で描かれているように、試験サンプル溝1106内に装着ストリップ1104を配置することを含み得る。試験サンプル1100は、1以上の接着剤、テープストリップ、エポキシ、又は他のファスナ1200などの、1以上のファスナ1200を使用して、被検査物取り付けアセンブリ108に取り付けられ得る。図12で描かれているように、試験材料1102は、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134の一方又は両方によって形成された凹部604に及び、それによつて、試験材料1102の少なくとも一部分が、凹部604に及び、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134によって物理的に支持されない。描かれ上述された被検査物取り付けアセンブリ108は、取り付けアセンブリの単なる一設計であり、他のものも考慮される。

**【 0 0 5 5 】**

一実施形態では、方法が、デバイス100の残りのものから遠隔の位置にある、被検査物取り付けアセンブリ（又はサブアセンブリ）に試験サンプルを取り付けることを含み得る。その後、引き続いて、1006で説明されるように、被検査物取り付けアセンブリは、デバイス100の残りのものに取り付けられ得る。

**【 0 0 5 6 】**

次に、1008で説明されるように、駆動アセンブリ114は、休止位置又はアイドル位置から突撃位置又は準備位置へ移動され得る。図2のデバイス100では、これが、ガス源130からのガスでガスピストン128を満たして、アーム152を延伸し、それによつて、プレート122を電磁石124に接触する位置へと移動させることを含み得る。電源126から電力が供給されたときに、プレート122は、ばね118を含む駆動アセンブリ114を準備位置に維持する機構を使用して、電磁石124に接触するように保持される。描かれ上述された駆動アセンブリ114は、単に可能性がある1つの駆動アセンブリであり、他の電気的、機械的、電磁的、空気圧的、及び化学的駆動アセンブリも考慮される。

**【 0 0 5 7 】**

駆動アセンブリ114を準備位置の中へ配置した後で、駆動アセンブリ114は、試験又は測定を開始するために解放され又は擊鉄を引かれる。例えば、図2のデバイスでは、電磁石124から電力が除去され、それによって、プレート122及びばね118が解放される。それによって、1012で説明されるように、駆動アセンブリ114は、ばね118によって加えられた力を使用して、ストライカ棒104をストレッチャ棒106に向けて駆動する。ストライカ棒104は、被検査物マウント支持体136内の開孔400と静止被検査物マウント132内の開孔402を通って延伸し、可動被検査物マウント134の露出された面404に衝撃を与える。これは、静止被検査物マウント132と可動被検査物マウント134との物理的な分離をもたらし、1014で説明されるように、被検査物取り付けアセンブリの動きを使用して、試験サンプルに引張応力を加える。1016で説明されるように、引張応力が働いている間に、例えば、高速カメラ140、加速度計142、又は別の測定技術を使用して、引張応力の効果が測定される。別の一実施形態では、高速カメラ140からの画像が、被検査物600、及び特にスペックルパターン1108を捕捉し得る。デジタル画像相関（D I C）が使用されて、被検査物600内の歪を計算し得る。例えば、高速動画フレームが、粒子画像速度測定（P I V）法を使用して後処理され、例えば、スペックルパターン1108の追跡、及びサンプル600の歪の計算を可能にする。

**【 0 0 5 8 】**

したがって、本教示の一実施形態は、延性材料、弹性材料、又は他の材料の動的応力／歪応答を測定するためのデバイス又は装置を含み得る。動的強度を測定するときに、正確な試験又は測定結果を得ることにおいて、一定速度の荷重負荷が重要である。比較的短い衝

10

20

30

40

50

撃棒、伝達棒、及び受容棒を有する、スプリットホプキンソン圧力棒などの従来のデバイスとは対照的に、本教示によるデバイスは、ストライカ棒とストレッチャ棒のみを含み得る。一実施形態では、例えば、ストレッチャ棒よりも長い長さを有するようにストライカ棒を形成することによって、又はストレッチャ棒よりも遅い速度で圧力波が伝播するストライカ棒を形成することによって、圧力波は、ストレッチャ棒よりもストライカ棒を通って移動するために長い時間を必要とする。結果として、ストライカ棒によるストレッチャ棒への衝撃の後で、2つの棒は、圧力波がストレッチャ棒の遠い端部から反射してストライカ棒の中へと戻るのに十分な長さの時間だけ接触する。このポイントで、波がストライカ棒内にある間に、両方の棒は、ストレッチャ棒が被検査物が破壊するまで滑らかな前方運動を有するように分離する。サーボ油圧試験フレームは、低い歪速度で上手く働くが、高い歪速度の荷重負荷を提供することができない。本教示の一実施形態では、デバイス100が、例えば、1秒毎に約100から約2500回の歪の範囲内にある、1秒毎に2回を超える歪速度荷重負荷を提供し得る。スプリットホプキンソン圧力棒が、脆性材料で上手く働く一方で、それは、大きな距離にわたる一定の歪速度を提供することができず、少なくともこの理由で、高度な延性材料をその破壊のポイントまで試験することに対して適切ではない。

#### 【0059】

更に、本開示には下記の条項による実施形態が含まれる。

##### 条項 1

材料の動的引張応力 / 歪応答を測定するための装置であって、

ストライカ棒、

ストレッチャ棒、

前記ストライカ棒を前記ストレッチャ棒に向けて駆動するように構成された駆動アセンブリ、

試験サンプルの第1の部分を受容し、前記試験サンプルの前記第1の部分を固定された位置に維持するように構成された、静止被検査物マウント、及び

前記試験サンプルの第2の部分を受容し、前記試験サンプルの試験又は測定の間に、前記静止被検査物マウントから離れて移動するように構成された、可動被検査物マウントを備える、装置。

##### 条項 2

前記ストライカ棒が、前記ストレッチャ棒と一緒に整列するように配置され、前記ストレッチャ棒が、前記ストライカ棒による前記可動被検査物マウントへの衝撃により、前記静止被検査物マウントから離れて移動するように構成されている、条項1に記載の装置。

##### 条項 3

前記ストライカ棒が、前記ストライカ棒による前記可動被検査物マウントへの前記衝撃からもたらされる、前記ストレッチャ棒を通る圧力波を生成するように構成され、

前記圧力波が、前記ストレッチャ棒の第1の端部から前記ストレッチャ棒の第2の端部へ移動し、前記ストレッチャ棒の前記第1の端部に戻るように、前記ストライカ棒と前記ストレッチャ棒が構成され、

前記ストライカ棒の前記ストレッチャ棒との物理的な接触の間に、前記圧力波が、前記ストレッチャ棒の前記第1の端部から前記ストライカ棒の中へ移動するように、前記ストライカ棒と前記ストレッチャ棒が構成され、及び

前記圧力波が前記ストレッチャ棒の前記第1の端部から前記ストライカ棒の中へ移動した後で、前記ストライカ棒と前記ストレッチャ棒が、互いから物理的に分離するように構成され、それによって、前記試験サンプルの前記試験又は測定の間に、前記圧力波が前記ストライカ棒内に閉じ込められる、条項2に記載の装置。

##### 条項 4

前記ストライカ棒が、第1の材料から形成され、

前記ストレッチャ棒が、前記第1の材料から形成され、

前記ストライカ棒が、第1の長さを有し、

10

20

30

40

50

前記ストレッチャ棒が、第2の長さを有し、及び

前記第1の長さが、前記第2の長さよりも長い、条項3に記載の装置。

条項5

前記ストライカ棒が、第1の材料から形成され、

前記ストレッチャ棒が、前記第1の材料とは異なる第2の材料から形成され、及び

前記圧力波が前記第2の材料を通るときよりも前記第1の材料を通るときに遅い速度で移動するように、前記第1の材料と前記第2の材料が構成されている、条項3に記載の装置。

条項6

前記静止被検査物マウントを受容する被検査物マウント支持体を更に備える、条項2に記載の装置。 10

条項7

前記被検査物マウント支持体が、前記被検査物マウント支持体を通る第1の開孔を備え、前記静止被検査物マウントが、前記静止被検査物マウントを通る第2の開孔を備え、及び前記ストライカ棒が、前記可動被検査物マウントに衝撃を与える前に、前記第1の開孔と前記第2の開孔を通って延伸するように構成されている、条項6に記載の装置。

条項8

前記駆動アセンブリが、チャネルアセンブリ内に配置されたばねを備え、及び

前記ばねが、前記ストライカ棒を前記ストレッチャ棒に向けて駆動するように構成されている、条項7に記載の装置。

条項9

前記静止被検査物マウントが、内部に、前記試験サンプルの前記第1の部分を受容するように構成された第1の溝を備え、

前記可動被検査物マウントが、内部に、前記試験サンプルの前記第2の部分を受容するように構成された第2の溝を備え、及び

前記静止被検査物マウントと前記可動被検査物マウントのうちの少なくとも一方が、内部に、前記試験サンプルの前記試験又は測定の間に、前記試験サンプルが凹部にまたがるように構成された前記凹部を備える、条項1に記載の装置。

条項10

前記ストライカ棒を準備位置に維持し、前記試験又は測定を開始するために前記ストライカ棒を解放するように構成された、解放アセンブリを更に備える、条項1に記載の装置。 30

条項11

前記解放アセンブリが、電源に電気的に接続された電磁石を備え、

前記解放アセンブリが、前記電磁石が電力供給されたときに、前記ストライカ棒を前記準備位置に維持するように構成され、及び

前記電磁石から電力を除去した際に、前記解放アセンブリが、前記試験又は測定を開始するように構成されている、条項10に記載の装置。

条項12

試験サンプルを試験又は測定するための方法であって、

ストライカ棒をストレッチャ棒に向けて駆動すること、

前記ストライカ棒を用いて可動被検査物マウントへ衝撃を与えること、

前記ストライカ棒が前記可動被検査物マウントへ衝撃を与えることにより、前記可動被検査物マウントを静止被検査物マウントから離れるように移動させること、及び

前記可動被検査物マウントを前記静止被検査物マウントから離れるように移動させることにより、前記静止被検査物マウントと前記可動被検査物マウントに取り付けられた試験サンプルに、動的引張応力及び/又は歪を与えることを含む、方法。 40

条項13

前記ストライカ棒が前記可動被検査物マウントへ衝撃を与えることにより、前記ストレッチャ棒内に圧力波であって、前記ストレッチャ棒の第1の端部から前記ストレッチャ棒の第2の端部へ移動し、前記ストレッチャ棒の前記第1の端部に戻る、圧力波を生成すること、

前記ストライカ棒の前記可動被検査物マウントとの物理的な接触の間に、前記可動被検査物マウントから前記ストライカ棒の中へ前記圧力波を伝達すること、及び  
前記可動被検査物マウントから前記圧力波が伝達された後で、前記可動被検査物マウントから前記ストライカ棒を物理的に分離して、前記可動被検査物マウントと前記ストライカ棒との間に間隙を形成し、それによって、前記ストレッチャ棒からの圧力波を除去し、前記ストライカ棒内に圧力波を閉じ込めるこことを更に含む、条項 1 2 に記載の方法。

## 条項 1 4

駆動アセンブリを使用して、前記ストライカ棒を前記ストレッチャ棒に向けて駆動することを更に含む、条項 1 3 に記載の方法。

## 条項 1 5

前記ストライカ棒による前記可動被検査物マウントへの前記衝撃の前に、前記ストライカ棒を、前記静止被検査物マウントを通る開孔の中へ延伸させることを更に含む、条項 1 4 に記載の方法。

## 条項 1 6

試験材料の矩形状ストリップを形成すること、

支持体材料を前記試験材料の矩形状ストリップの 2 以上の端部に接着し、第 1 の装着ストリップと第 2 の装着ストリップを提供すること、

前記第 1 の装着ストリップを前記静止被検査物マウント内の第 1 の溝の中へ配置すること、前記第 2 の装着ストリップを前記可動被検査物マウント内の第 2 の溝の中へ配置すること、及び

前記試験材料が前記静止被検査物マウントと前記可動被検査物マウントのうちの少なくとも 1 つによって形成された凹部にまたがるように、前記凹部を覆って前記試験材料を配置することを含む、方法を使用して、前記試験サンプルを準備することを更に含む、条項 1 2 に記載の方法。

## 条項 1 7

前記試験材料をスペックルパターンで被覆することを更に含む、条項 1 6 に記載の方法。

## 条項 1 8

前記試験サンプルに前記動的引張応力及び / 又は歪を与えることが、前記試験サンプルに、1 秒毎に 100 から 2500 回の動的引張歪を与える、条項 1 2 に記載の方法。

## 【 0060 】

広範な本教示を明記する数値的範囲及びパラメータが概算であるにもかかわらず、特定の例において明記された数値は、できるだけ正確に報告されている。しかしながら、任意の数値は、それぞれの試験的測定に見られる標準偏差から必然的に生じる若干の誤差を本質的に含んでいる。更に、本明細書で開示された全ての範囲が、本明細書内に包含される任意の全ての部分範囲を含むと理解すべきである。例えば、「10 未満」の範囲は、最小値 0 から最大値 10 の間の ( を含む ) 任意の全ての部分範囲を含むことができ、要するに、任意の全ての部分範囲は、例えば、1 から 5 などの、0 以上の最小値及び 10 以下の最大値を有している。場合によっては、パラメータとして提示された数値は、負の値を取ることができる。この場合、「10 未満」として記載されている例示の範囲は、-1、-2、-3、-10、-20、-30 などといった、負の値を取ることができる。

## 【 0061 】

本教示は 1 以上の実施態様に関して示されたが、添付の特許請求の範囲の主旨及び範囲から逸脱することなく、示された実施例に対する代替及び / 又は変形を実施することが可能である。例えば、プロセスが一連の作用又は事象として記載されているが、本開示はそのような作用又は事象の順番に限定されないことが認識されるだろう。そのような作用は、異なる順番で及び / 又は本明細書に記載されたものを除いた別の作用又は事象と同時に起こることがある。また、本開示の 1 以上の態様若しくは実施形態に従って方法論を実施するために、全てのプロセス段階が必要とされるわけではない。構造的構成要素及び / 又は処理段階を追加でき、既存の構造的構成要素及び / 又は処理段階を除去又は修正できると認識されるだろう。更に、本明細書に示された作用のうちの 1 以上は、1 以上の別個の作

10

20

30

40

50

用及び／又は段階で実行されることがある。また更に、「含んでいる（i n c l u d i n g）」「含む（i n c l u d e s）」「有している（h a v i n g）」「有する（h a s）」「伴う（w i t h）」又はそれらの変形の用語が詳細な説明及び特許請求の範囲のどちらにも使用される限りにおいては、そのような用語は、「備えている（c o m p r i s i n g）」という用語と同様に包含されることを意図している。「～のうちの少なくとも1つ」という用語は、列挙された項目のうちの一又は複数を選択できることを意味するために使用される。更に、考査及び特許請求の範囲で、他方における一方など2つの材料に対して使用された「における、上に（o n）」という用語は、材料間の少なくともいくらかの接触を意味するのに対し、「上方に（o v e r）」は、複数の材料が接近しているが、接触は可能だが必須ではない一又は複数の追加的な介在する材料を伴う可能性がある。「における、上に（o n）」と「上方に（o v e r）」のどちらも、本明細書で使用されるように何れの方向性も示さない。「等角の」という用語は、下にある材料の角度が等角の材料によって保護されるコーティング材を形容する。「約」という用語は、列挙された値が、例示された実施形態に対してプロセス又は構造の不適合を生じさせない限り、いくらか変更され得ることを示す。最後に、「例示的」は、記述が、理想的であることを示唆するというよりむしろ、例として使用されていることを示している。本開示の他の実施形態は、本明細書の開示の仕様及び実践を検討することにより、当業者には明らかになるだろう。仕様及び例を単なる例示的ものと見なすことが意図されており、本開示の真の範囲及び主旨は、以下の特許請求の範囲によって示されている。

#### 【0062】

本出願で使用される相対位置の用語は、被加工物の方向付けに関わらず、被加工物の従来の平面又は作業面に平行な平面に基づき定義される。本出願で使用される「水平な（h o r i z o n t a l）」又は「横に向かった（l a t e r a l）」という用語は、被加工物の方向付けに関わらず、被加工物の従来の平面又は作業面に平行な平面として定義される。「垂直な（V e r t i c a l）」という用語は、水平に対して直角方向を指す。「における、上に（o n）」「側面（「側壁」においてのように）」「高い」「低い」「上方に（o v e r）」「最上部（t o p）」「下に」などの用語は、被加工物の方向付けに関わらず、被加工物の最上面にある従来の平面又は作業面に対して定義される。

10

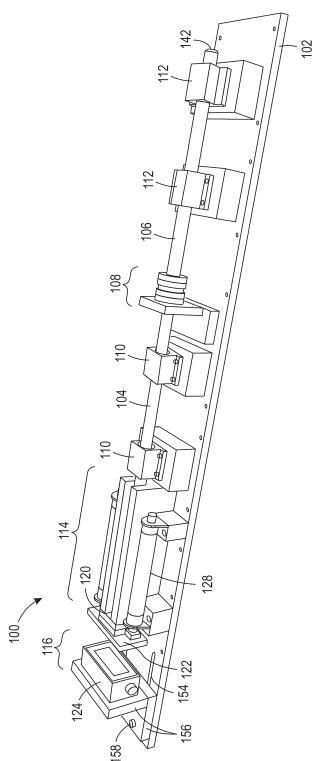
20

30

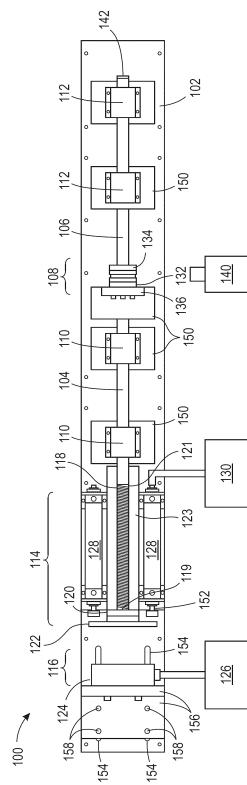
40

50

## 【図面】 【図 1】



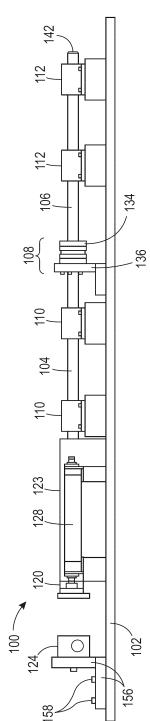
【 図 2 】



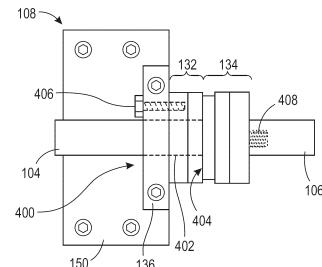
10

20

【図3】



【図4】

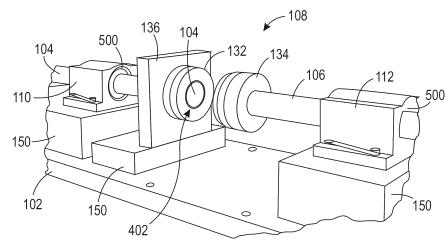


30

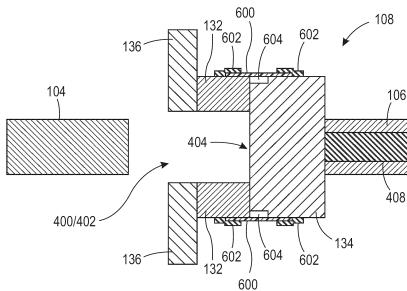
40

50

【図 5】

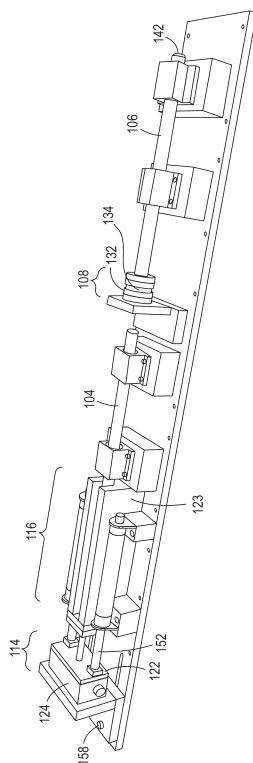


【図 6】

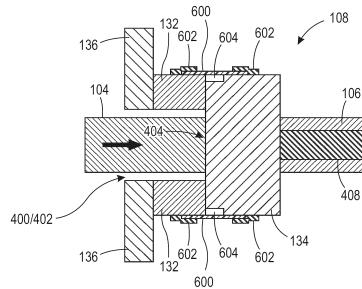


10

【図 7】



【図 8】



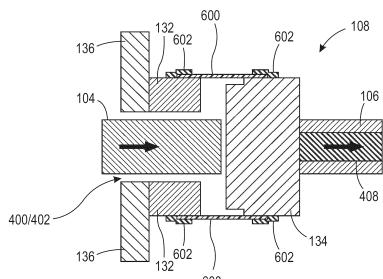
20

30

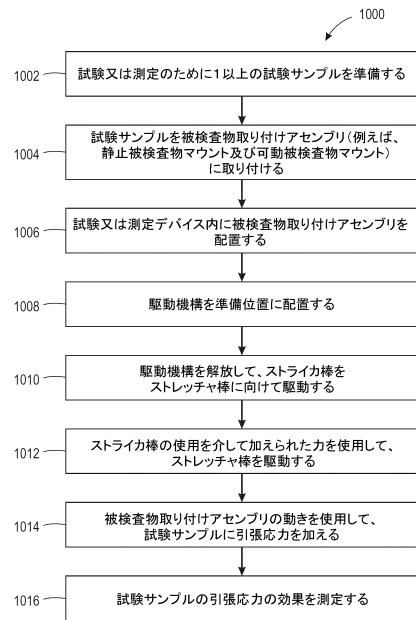
40

50

【図 9】

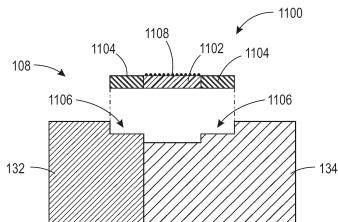


【図 10】

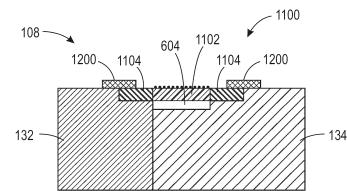


20

【図 11】



【図 12】



30

40

50

---

フロントページの続き

イド プラザ 100

(72)発明者 デイ, アーサー シー.

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

(72)発明者 ダマソ, ジェイソン スコット

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

審査官 西浦 昌哉

(56)参考文献 特開2004-004032 (JP, A)

米国特許出願公開第2008/0184773 (US, A1)

特開2008-216082 (JP, A)

実開平03-028450 (JP, U)

中国実用新案第203643279 (CN, U)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01N 3/00 - 3/62

G01N 11/00 - 13/04