

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-531477

(P2019-531477A)

(43) 公表日 令和1年10月31日 (2019. 10. 31)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 B 17/02 (2006. 01)	G O 1 B 17/02	Z 2 F O 6 8
C 2 3 F 13/22 (2006. 01)	C 2 3 F 13/22	4 K O 6 O
C 2 3 F 13/02 (2006. 01)	C 2 3 F 13/02	H
	C 2 3 F 13/02	B

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2019-514790 (P2019-514790)	(71) 出願人	599130449
(86) (22) 出願日	平成29年4月26日 (2017. 4. 26)		サウジ アラビアン オイル カンパニー
(85) 翻訳文提出日	平成31年3月15日 (2019. 3. 15)		サウジアラビア王国 3 1 3 1 1 ダーラ
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/029692		ン, イースタン アベニュー 1
(87) 国際公開番号	W02018/052488	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成30年3月22日 (2018. 3. 22)		弁理士 村山 靖彦
(31) 優先権主張番号	15/342, 791	(74) 代理人	100110364
(32) 優先日	平成28年11月3日 (2016. 11. 3)		弁理士 実広 信哉
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦
(31) 優先権主張番号	62/395, 162		
(32) 優先日	平成28年9月15日 (2016. 9. 15)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一体式超音波試験及び陰極防食測定プローブ

(57) 【要約】

本出願は、遠隔操作式ビークルのロボットアームに取付けられて、水面下表面において陰極防食 (C P) 電圧測定と超音波試験 (U T) 厚さ測定の両方を実施する一体式プローブ及びプローブシステムを開示する。幾つかの実施形態において、一体式プローブシステムは、1つまたは複数の導電性脚部が外側ジンバルから内側ジンバルを通して通過するように、内側及び外側ジンバルを共に結合する。これらの脚部は、内側ジンバルの前表面から延在する超音波センサの周りに配置される。一体式プローブが水面下表面に接触すると、超音波センサ及び少なくとも1つの脚部は表面に接触し、それにより、実質的に同時のC P及びU T測定値を提供する。

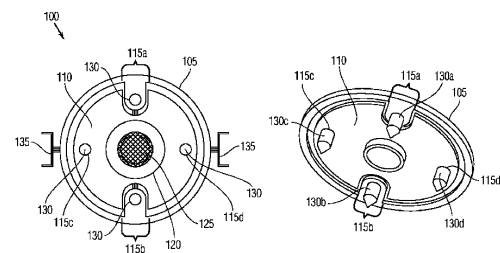


Fig. 1A

Fig. 1B

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実質的に同時に実施するのに適する一体式プローブであって、

前表面及び後表面を有する外側ジンバルと、

少なくとも 1 自由度を提供するために前記外側ジンバルに結合された内側ジンバルであって、前表面であって、前表面内にキャビティを画定する、前表面を有し、内側ジンバルの前表面と後表面との間で横断方向に通過する 1 つまたは複数の進入部を画定するように形作られる、内側ジンバルと、

前記内側ジンバルの前記キャビティ内に着座するセンサハウジングと、

前記センサハウジング内に配設される超音波プローブであって、変換器結晶及び前記変換器結晶の周りに配置された可撓性メンブレン及び前記可撓性メンブレンと前記変換器結晶との間のギャップ内に配設された冷却剤を有する、超音波プローブと、

それぞれが、導電性先端及び基準電極を収容する海中ハウジングを有する 1 つまたは複数の脚部とを備え、それぞれの脚部は、前記 1 つまたは複数の進入部を介して前記外側ジンバルから縦に外方に延在し、前記超音波プローブの周りに配置され、

前記 1 つまたは複数の脚部は、前記 1 つまたは複数の脚部が前記水面下表面に接触するときに与えられる力に応答して受動的に調整可能である、一体式プローブ。

【請求項 2】

前記 1 つまたは複数の進入部は、前記内側ジンバルの外周に沿って形成される窪みであるように前記内側ジンバルによって画定される、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 3】

前記 1 つまたは複数の進入部は、前記内側ジンバルの断面を通して横断的に形成されるアパーチャであるように前記内側ジンバルによって画定される、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 4】

少なくとも 1 つの脚部は、前記内側ジンバルの外周に沿って前記内側ジンバルによって画定される進入部を通過し、少なくとも 1 つの脚部は、前記内側ジンバルを横切るアパーチャとして前記内側ジンバルによって画定される進入部を通過する、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 5】

前記内側ジンバルの前記後表面と一体に形成された第 1 の端及び第 2 の端に配設されたボールキャスターを有する関節式キャリアを更に備え、前記ボールキャスターは、前記外側ジンバルに結合して、前記少なくとも 1 自由度を前記内側ジンバルに提供する、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 6】

前記関節式キャリアは円錐形に形作られ、前記第 1 の端は前記第 2 の端に向かってテーパが付く、請求項 5 に記載の一体式プローブ。

【請求項 7】

前記外側ジンバルは、前記ボールキャスターと結合するようにサイズ調整され形作られた c チャネル溝を画定する固定ベースである、請求項 5 に記載の一体式プローブ。

【請求項 8】

前記導電性先端はステンレス鋼で作られる、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 9】

前記外側ジンバルは、前記外側ジンバルの前記前表面において中心に形成された c チャネル溝を含む、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 10】

前記 1 つまたは複数の脚部は、2 対の直径方向に対向する脚として前記超音波プローブの周りに配置される、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記少なくとも 1 自由度は、前記内側ジンバルを前記外側ジンバルに結合する 1 つまたは複数の回転継手によって提供される、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 1 2】

前記少なくとも 1 自由度は、前記外側ジンバルを外部キャリアーに結合する 1 つまたは複数の回転継手によって提供される、請求項 1 に記載の一体式プローブ。

【請求項 1 3】

陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実質的に同時に実施するのに適する一体式プローブであって、

超音波センサ本体と、

前記超音波センサ本体の第 1 の端に配設された超音波試験ケーブルと、

前記超音波センサ本体の第 2 の端に配設された超音波プローブと、

ハウジングであって、ハウジングを貫通するアパーチャを画定し、前記アパーチャは前記ハウジング内で中心に位置し、前記超音波プローブは前記アパーチャ内に着座し、ハウジングは導電性部分を更に含む、ハウジングと、

前記導電性部分に接続され、前記導電性部分から延在する伝導性リード線とを備える、一体式プローブ。

【請求項 1 4】

前記超音波プローブは、前記超音波センサ本体の周りに隣接して離間した超音波素子及び可撓性メンブレンを備えて、前記超音波素子と前記可撓性メンブレンとの間のギャップを画定し、前記ギャップは冷却材で満たされる、請求項 1 3 に記載の一体式プローブ。

【請求項 1 5】

前記ハウジングは全体的に導電性である、請求項 1 3 に記載の一体式プローブ。

【請求項 1 6】

水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実質的に同時に実施するためのシステムであって、

測定アームを有する遠隔操作式水面下ビークルと、

前記測定アームの自由端に配設されたエンドエフェクターと、

前記エンドエフェクターに結合された、陰極防食電圧及び超音波試験厚さ測定値を測定するための一体式プローブとを備え、前記一体式プローブは、

前表面及び後表面を有する外側ジンバル、

少なくとも 1 自由度を提供するために前記外側ジンバルに結合された内側ジンバルであって、内側ジンバル内にキャビティを画定する前表面を有する、内側ジンバル、

前記内側ジンバルの前記キャビティ内に着座するセンサハウジング、

前記センサハウジング内に配設される超音波プローブであって、変換器結晶の周りに配置された可撓性メンブレンを含み、それにより、ギャップが、前記変換器結晶と前記可撓性メンブレンとの間に画定され、冷却剤で満たされる、超音波プローブ、及び、

基準電極に通信可能に結合された電圧電極を含み、前記電圧電極は前記内側ジンバルの導電性部分に配設され、前記基準電極は前記遠隔操作式水面下ビークル内に配設される、システム。

【請求項 1 7】

前記基準電極は、銀／塩化銀半セルである、請求項 1 6 に記載のシステム。

【請求項 1 8】

前記内側ジンバルは、前記内側ジンバルの前表面と後表面との間で横断方向に通過する 1 つまたは複数の進入部を画定するように形作られ、前記導電性部分は、1 つまたは複数の脚部を備え、それぞれの脚部は、導電性先端を有し、前記 1 つまたは複数の進入部を介して前記外側ジンバルから縦に外方に延在し、超音波センサの周りに配置され、前記 1 つまたは複数の導電性脚部は、受動的に調整可能である、請求項 1 6 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

前記電圧電極は、前記 1 つまたは複数の脚部の前記導電性先端の 1 つまたは複数である、請求項 1 8 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 20】

データ収集ユニットに通信可能に結合された信号プロセッサを更に備え、データ及び前記信号プロセッサは、前記遠隔操作式水面下ビークル内に配設され、信号調整器は同様に、前記一体式プローブに通信可能に結合される、請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 21】

超音波プローブ及び導電性先端を有する少なくとも 1 つの脚部を有する一体式プローブによって、水面下表面の上で陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実施する方法であって、

少なくとも 1 つのロボットアームであって、アームエンドエフェクターがロボットアームの自由端に配設され、前記一体式プローブが前記アームエンドエフェクターに結合した状態の、少なくとも 1 つのロボットアームを有する遠隔操作式ビークルを前記水面下表面に近接して位置決めすること、

前記水面下表面を前記一体式プローブに接触させること、

前記一体式プローブを、前記水面下表面を横切って配向させることであって、それにより、前記超音波プローブ及び導電性先端を有する前記少なくとも 1 つの脚部は前記水面下表面に接触する、配向させること、

前記少なくとも 1 つの脚部によって、前記水面下表面における電圧を測定すること、

前記超音波プローブによって、前記水面下表面における厚さを測定すること、

前記遠隔操作式ビークル内に収容された信号調整器によって、前記水面下表面の前記電圧及び前記厚さを処理することであって、それにより、データファイルを生成する、処理すること、

前記データファイルを、前記遠隔操作式ビークル内に収容されたデータ収集ユニットに送信すること、及び、

前記データ収集ユニットによって前記データファイルを処理することであって、それにより、前記水面下表面の前記電圧及び前記厚さを記録するか、検討するか、または解析する、処理することを含む、方法。

【請求項 22】

水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実質的に同時に実施するのに適する一体式プローブであって、

固定ベースに対して少なくとも 1 自由度を有するプローブキャリアーであって、前記固定ベースに結合された後表面、及び、導電性部分を有し前記導電性部分内にキャビティを画定する前表面を有する、プローブキャリアーと、

前記プローブキャリアーの前記キャビティ内に着座したセンサハウジングと、

前記センサハウジング内に配設された超音波プローブであって、変換器結晶及び前記変換器結晶の周りに配置された可撓性メンブレン及び前記可撓性メンブレンと前記変換器結晶との間のギャップ内に配設された冷却剤を有する、超音波プローブとを備える、一体式プローブ。

【請求項 23】

前記導電性部分は、前記超音波プローブの周りに配置された 1 つまたは複数の脚部を備え、それぞれの脚部は、導電性先端及び基準電極を収容する海中ハウジングを有し、前記プローブキャリアーから縦に外方に延在し、前記 1 つまたは複数の脚部は、前記 1 つまたは複数の脚部が前記水面下表面に接触するときに与えられる力に応答して受動的に調整可能である、請求項 22 に記載の一体式プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本特許出願は、一般に、試験及び測定機構に関し、より詳細には、水面下環境において厚さを超音波的に測定し、陰極防食電圧読取りを実施するためのプローブシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

構造の厚さを非破壊的に測定するために、1つの一般的な慣行は、測定デバイスにその構造の表面に超音波を放出させ、超音波が測定デバイスまで戻るためにかかる時間を測定することである。超音波試験（「U T (U l t r a s o n i c t e s t i n g)」）は、艇体、パイリング、パイプライン、及びライザーのような水面下構造等の金属構造の厚さを測定するために適用可能である。こうした水面下表面に対する腐食作用を制限するために、陰極防食（「C P (c a t h o d i c p r o t e c t i o n)」）の技法が適用される。C Pにおいて、水面下構造の金属表面は、電気化学セル（例えば、ガルバニセル）の陰極に入るようにされ、表面は、陽極として機能する、より大きな負の電極電位を有する別の金属（例えば、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム）でコーティングされる。その後、陽極金属は腐食するが、構造表面は腐食しない。C Pが意図するように働くことを保証するために、構造の表面における電圧を測定することが一般的である。通常、水面下構造の場合、遠隔操作式ビークル（「R O V (r e m o t e l y o p e r a t e d v e h i c l e)」）または人ダイバーが、C P及びU T測定を実施するために使用される。いずれの場合も、従来のR O Vに固有の荷重及び物流の制限のために、C P及びU T測定は、別個のR O Vロボットアームの2つのプローブによって、または、単一アームにおいて1つのプローブを別のプローブに交換することによって実施される。いずれの場合も、反復式のC P及び／またはU T測定を実施するためにプローブを切替えることまたは再調整することは、時間がかかりかつコストがかかる。更に、従来のC P及びU Tプローブシステムの重量ならびに2アーム式R O Vシステムについての必要性のために、より大きなワーククラスR O Vだけが、単一トリップにおいて両方の測定を交互に実施する2つのアームを取付けることが可能である。しかし、ワーククラスR O Vは、浅い検査サイト及びアクセス性が制限された（例えば、小さなキャビティ内の表面）検査サイトにとって適さない。そのため、単一ロボットアームのみを有するより小さくかつより軽量のR O Vに結合され得る一体式C P及びU Tプローブシステムについての必要性が存在する。

10

20

【0003】

本出願が提供されるのは、これらの問題に関してである。

【発明の概要】

【0004】

本発明の広い態様によれば、陰極防食（C P）電圧読取り及び超音波試験（U T）厚さ測定を共に実質的に同時に実施し得る一体式プローブシステムが提供される。

30

【0005】

本発明の一態様によれば、一体式プローブシステムの実施形態は、前表面及び後表面を有する外側ジンバルと、少なくとも1自由度を提供するために外側ジンバルに結合された内側ジンバルとを含む。内側ジンバルは、前表面であって、前表面内にキャビティを画定する、前表面を含み得、また、内側ジンバルは、内側ジンバルの前表面と後表面との間で横断方向に（c r o s s w i s e）通過する1つまたは複数の進入部を画定するように形成され得る。幾つかの実施形態において、進入部は、内側ジンバルの外周に沿って形成される窪みであるように内側ジンバルによって画定される。他の実施形態において、進入部は、内側ジンバルの断面を通して横断的に（t r a n s v e r s e l y）形成されるアパーチャであるように内側ジンバルによって画定される。1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブシステムは、内側ジンバルの後表面と一体に形成された第1の端及び第2の端に配設されたボールキャスターを有する関節式キャリアーを含み、ボールキャスターは、外側ジンバルに結合して、少なくとも1自由度を内側ジンバルに提供する。

40

【0006】

引き続き本発明のこの態様によれば、1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブシステムは、内側ジンバルのキャビティ内に着座するセンサハウジングを含む。超音波プローブはセンサハウジング内にあり、超音波プローブは、変換器結晶及び変換器結晶の周りに配置された可撓性メンブレン及び可撓性メンブレンと変換器結晶との間のギャップ内に配設された冷却剤を有する。更に、それぞれが、導電性先端及び基準電極を収容す

50

る海中ハウジングを有する1つまたは複数の脚部は、1つまたは複数の進入部を介して外側ジンバルから縦に外方に延在し、超音波プローブの周りに配置され、それにより、1つまたは複数の脚部は、1つまたは複数の脚部が水面下表面に接触するときに与えられる力に応答して受動的に調整可能である。

【0007】

本発明の別の態様によれば、一体式プローブシステムの実施形態は、超音波センサ本体と、超音波センサ本体の第1の端に配設された超音波試験ケーブルと、超音波センサ本体の第2の端に配設された超音波プローブとを含む。1つまたは複数の実施形態において、超音波プローブは、超音波センサ本体の周りに隣接して離間した超音波素子及び可撓性メンブレンを含んで、超音波素子と可撓性メンブレンとの間のギャップを画定し、ギャップは冷却材で満たされる。更に、一体式プローブシステムは、ハウジングであって、ハウジングを貫通するアパーチャを画定する、ハウジングを含み得、アパーチャはハウジング内で中心に位置し、超音波プローブはアパーチャ内に着座し、ハウジングは導電性部分を更に含む。更に、一体式プローブシステムは、導電性部分に接続され、導電性部分から延在する伝導性リード線を含む。

【0008】

本発明の更なる態様によれば、水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実質的に同時に実施するためのシステムの実施形態が提供される。システムは、測定アームを有する遠隔操作式水面下ビークルを含み、エンドエフェクターは測定アームの自由端に配設される。更に、システムは、エンドエフェクターに結合された、陰極防食電圧及び超音波試験厚さ測定値を測定するための一体式プローブを含む。1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブは、前表面及び後表面を有する外側ジンバル、及び、少なくとも1自由度を提供するために外側ジンバルに結合された内側ジンバルを含む。内側ジンバルは、前表面であって、前表面内にキャビティを画定する、前表面を有し、内側ジンバルは、内側ジンバルの前表面と後表面との間で横断方向に通過する1つまたは複数の進入部を画定するように形作られる。一体式プローブは、内側ジンバルのキャビティ内に着座するセンサハウジング、及び、センサハウジング内に配設される超音波プローブを更に含み、超音波プローブは、変換器結晶の周りに配置された可撓性メンブレンを含み、それにより、ギャップが、変換器結晶と可撓性メンブレンとの間に画定され、冷却剤で満たされる。更に、電圧電極は、基準電極に通信可能に結合され、電圧電極はエンドエフェクターまたは一体式プローブに配設され、基準電極は遠隔操作式水面下ビークル内に配設される。

【0009】

本発明の更なる態様によれば、超音波プローブ及び導電性先端を有する少なくとも1つの脚部を有する一体式プローブによって、水面下表面上で陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実施する方法の実施形態が提供される。方法は、少なくとも1つのロボットアームであって、アームエンドエフェクターがロボットアームの自由端に配設され、一体式プローブがアームエンドエフェクターに結合した状態の、少なくとも1つのロボットアームを有する遠隔操作式ビークルを水面下表面に近接して位置決めすることを含む。方法は、その後、水面下表面を一体式プローブに接触させること、及び、一体式プローブを、水面下表面を横切って配向させることであって、それにより、超音波プローブ及び導電性先端を有する少なくとも1つの脚部は水面下表面に接触する、配向させることを含む。その後、方法は、少なくとも1つの脚部によって、水面下表面における電圧を測定すること、及び、超音波プローブによって、水面下表面における厚さを測定することによって継続する。更に、1つまたは複数の実施形態において、方法は、その後、遠隔操作式ビークル内に収容された信号調整器によって、水面下表面の電圧及び厚さを処理することであって、それにより、データファイルを生成する、処理することを含む。方法は、データファイルを、遠隔操作式ビークル内に収容されたデータ収集ユニットに送信することによって継続する。更に、方法は、データ収集ユニットによってデータファイルを処理することであって、それにより、水面下表面の電圧及び厚さを記録するか、検討するか、または解析

10

20

30

40

50

する、処理することを含む。

【0010】

本発明のなお更なる態様によれば、一体式プローブシステムの実施形態は、固定ベースに対する少なくとも1自由度ならびに固定ベースに結合された後表面及び導電性部分を有し導電性部分内にキャビティを画定する前表面を有するプローブキャリアを含む。更に、導電性部分は、超音波プローブの周りに配置された1つまたは複数の脚部を含み得、それぞれの脚部は、導電性先端及び基準電極を収容する海中ハウジングを有し、プローブキャリアから縦に外方に延在し、1つまたは複数の脚部は、1つまたは複数の脚部が水面下表面に接触するときに与えられる力に応答して受動的に調整可能である。1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブシステムは、プローブキャリアのキャビティ内に着座したセンサハウジングと、センサハウジング内に配設された超音波プローブであって、変換器結晶及び変換器結晶の周りに配置された可撓性メンブレン及び可撓性メンブレンと変換器結晶との間のギャップ内に配設された冷却剤を有する、超音波プローブとを含む。

10

【0011】

添付図面の図は、例示的な実施形態を示し、本発明を制限することを意図されない。図面の図の中で、同様な参照は、同様のまたは対応する部品を参照することを意図される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1A】本出願の少なくとも1つの実施形態による一体式CP及びUTプローブシステムの正面図である。

20

【図1B】図1Aの一体式CP及びUTプローブシステムの等角側面図である。

【図2A】本出願の代替の実施形態による一体式CP及びUTプローブシステムの正面図である。

【図2B】図2Aの代替のプローブシステムの側面図である。

【図3A】本出願の別の代替の実施形態による一体式CP及びUTプローブの上部切り欠き図である。

【図3B】図3Aの一体式CP及びUTプローブの等角側面図である。

【図4】本出願の別の代替の実施形態によるロボットアームと接続状態の一体式CP及びUTプローブシステムの斜視図である。

30

【図5】ROVに取付けられた一体式CP及びUTプローブシステムを実装する検査システムの側面図を示す簡略化された模式図であり、CP基準電極及びCP電圧プローブは、本出願の少なくとも1つの実施形態に従ってプローブとROV本体との間で分割される。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明は、ここで、添付図面を参照して述べられ、添付図面は、本発明の一部を形成し、本発明の例示的な実施態様及び／または実施形態を例証として示す。本発明の趣旨から逸脱することなく、他の実施形態が実装され得、構造的変更が行われ得ることが理解される。とりわけ、例えば、開示される主題は、方法、デバイス、コンポーネント、またはシステムとして具現化され得る。

40

【0014】

更に、用語が、明示的に述べた意味を超えて、文脈において提案または示唆される微妙に異なる意味を有することができることが認識される。同様に、本明細書で使用されるフレーズ「一実施形態において(in one embodiment)」は、必ずしも同じ実施形態に言及(Refer to)せず、本明細書で使用されるフレーズ「別の実施形態において(in another embodiment)」は、必ずしも異なる実施形態に言及しない。例えば、特許請求される主題が、個々の例示的な実施形態の組合せまたは個々の例示的な実施形態の複数の部分の組合せに基づき得ることが意図される。

【0015】

本出願によれば、陰極防食(CP)電圧を測定し、超音波試験(UT)を使用して表面

50

厚さを測定するための一体式プローブ及び一体式プローブシステムを対象とする実施形態が提供され、その実施形態において、それぞれの測定を行うことの間の遅延が最小にされる。こうして、C P及びU T測定は、実質的に同時に実施され得る。例えば、C P及びU T測定は共に、水面下パイプラインまたはパイピングあるいは係留船体の下側等の特有の水面下表面（または、「検査表面（inspection surface）」）において単一タッチダウン中に実施され得る。

【0016】

一態様において、本明細書の1つまたは複数の実施形態において提供される一体式プローブは、例えば、アームエンドエフェクターの自由端で遠隔操作式ビークル（ROV）の単一ロボットアームに結合され得る。典型的なROVの構造的制限は、それらのロボットアームを、1ロボットアームについて単一の交換可能または永久搭載式プローブのみに限定し、こうしたアームは、C P及びU T同時測定を実施するために必要な巧妙さを欠く。そのため、従来、ROVがC P測定とU T測定の両方を単一トリップで実施するために、ROVは少なくとも2つのロボットアームを持たなければならなかった。それぞれのロボットアームは、重くまた大きいだけであり、ワーククラスROVは、2つ以上のロボットアームを含み得る。或る場合には、従来の測定方法は、第2の測定を実施するためにアームにおいて完全なプローブ交換（例えば、C PからU Tへ、またはその逆へ）を必要とする。こうした制限された作動能力は、固有の遅延（したがって、ROV時間の必然的な増加によるコストの増加）をもたらす。その理由は、2つのプローブ測定システムが、2つの完全に別個のC PプローブとU Tプローブとの間で切換えねばならず、また、第1のプローブ測定がとったのと同じ検査表面に第2のプローブを再配向させなければならないからである。本出願は、ROVの別個のロボットアームによるまたはプローブアタッチメントの交換を必要とすることによる2つの別個のC P及びU Tプローブまたはプローブシステムの実装を必要としない。

【0017】

更に、本明細書の一体式プローブシステムは、電気ROV、汎用クラスROV、検査クラスROV、及び観測クラスROV等の単一ロボットアームのみを有する小型軽量クラスROVによって実装可能であるという利点を提供する。より小型のクラスのROVは、検査表面がアクセス性問題（例えば、浅い水のサイト）を有する場合にまたは電源制限が存在する場合に必要であり得る。

【0018】

1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブシステムは、関節式でかつ受動的に調整可能である先端または固定具を有する導電性脚部の周囲アレイを有する中央U Tセンサまたは変換器（例えば、圧電セラミック結晶）を含む。導電性脚部は、硬質ではなく、むしろ、導電性脚部が水面下表面に接触する方法に関して或る程度柔軟性を有する。こうして、導電性脚部は、水面下表面に接触するとき、U Tセンサを、検査表面を横切って配向するように受動的に調整する。同時に、脚部は、導電性鋼先端（steel tip）等によって、表面に関連する陰極防食電圧を伝え、それにより、C Pプローブとして働く。こうして、C P及びU T測定は、実質的に同時に行われ得、それにより、測定検査時間、ロボットアームに付加されるサイズ及び重量を低減し、ROV機敏性を改善する。

【0019】

ここで図1A～1Bを参照すると、本出願の1つまたは複数の実施態様による水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を行うための一体式プローブシステム100が提供される。一体式プローブシステム100は、ロボットアームに結合するためのベースマウントとして機能する外側ジンバル105を含む。例えば、外側ジンバル105の後表面は、当技術分野で知られているように、エンドエフェクターまたは他の固定ベースにおいてROV測定アームに結合され得る。外側ジンバル105は、全体的に円柱状であるが、長方形の、楕円形の、または他の形状が、適宜実装され得る。外側ジンバル105は、水面下検査に適するステンレス鋼または他の合金で作られ得る。

【0020】

10

20

30

40

50

1つまたは複数の実施形態において、内側ジンバル110は外側ジンバル105に結合される。例えば、内側ジンバル110は、ねじ、ねじ山、ボルト、接着剤、雄及び雌結合部材、継手、ダイヤフラムカップリング、玉継手、カム溝カップリング、または同様なもののうちの1つまたは複数によって外側ジンバル105に結合される。内側ジンバル110は、水面下検査に適するステンレス鋼または他の合金で作られ得る。好ましくは、内側ジンバル110は、1つまたは複数の導電性脚部130が内側ジンバル110の外周を通過してまたは外周の周りに通過するために、1つまたは複数の進入部115a、115b、115c、115d（またより一般的に進入部115）を画定するように成形される。導電性脚部130は、陰極防食電圧電極として働く。1つまたは複数の実施形態において、進入部115a、115bは、脚部130の受動的調整を容易にするために設計された凹状の、長方形の、三角形の、または他の形状で、内側ジンバル110の外周に沿って形成された窪みとして画定される。1つまたは複数の実施形態において、進入部115c、115dは、内側ジンバル110の狭い横断方向幅を通して形成されたアパーチャとして画定される。例えば、アパーチャタイプ進入部115c、115dは、内側ジンバル110の断面であり得る。一体式プローブシステム100は、同様に、窪みタイプ進入部115a、115b及びアパーチャタイプ進入部115c、115dの組合せを含み得る。こうして、特定の検査表面に対して受動的に調整するのにより適する、内側ジンバル110によって画定される進入部115及び脚部130の異なる配置が企図され得る。更に、進入部115を通る脚部130の通過は、幾つかの実施形態において、内側ジンバル110を外側ジンバル105に結合するのに役立ち得る。

10

20

【0021】

センサハウジング120は、内側ジンバル110の前表面に埋め込まれ、少なくとも部分的に前表面を超えて下がる。1つまたは複数の実施形態において、センサハウジング120は、内側ジンバル110の前表面で前表面内に画定されたキャビティ内に埋め込まれる。例えば、センサハウジング120は、シーケンスで接続された、ステンレス鋼または他の合金で作られたギザギザのあるリング、可撓性メンブレン、及びロック用リングを含み得る。1つまたは複数の実施形態において、センサハウジング120は、内側ジンバル110の中心に位置する。1つまたは複数の実施形態において、センサハウジング120は、外側ジンバル105または内側ジンバル110の外周縁上に位置する。超音波プローブ125は、センサハウジング120内に収容され、可撓性メンブレンの下に配置される。1つまたは複数の実施形態において、超音波プローブ125は単一の圧電セラミック結晶を備える。別の実施形態において、超音波プローブ125は複数の圧電セラミック結晶を備える。超音波プローブ125は、種々の特定の周波数で超音波を放出し受信するために選択され得る。例えば、超音波センサは、2.0MHz、2.5MHz、3.5MHz、5.0MHz、または7.5MHzの周波数で動作し得る。超音波伝達を容易にするために、メンブレン接触媒質のフィルムは、例えば、超音波プローブ125とセンサハウジング120の可撓性メンブレンとの間のギャップ内に位置する。メンブレン接触媒質は、センサとメンブレンとの間のギャップ内の空気量を最小にするために使用される粘性液体、ゲル、またはペーストを含み得る。例えば、メンブレン接触媒質は、プロピレングリコール、グリセリン、シリコンオイル、または種々の商業的に入手可能なゲルであり得る。

30

40

【0022】

一体式プローブシステム100のCPプローブ機能は、1つまたは複数の基準電極（または「基準セル（reference cell）」）と、検査表面に接触する1つまたは複数の電圧電極との間の電圧差を測定することによって提供される。基準電極は、電圧電極から電気絶縁されて維持され、通常、水（水面下環境自体）の中に浸漬される。1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブシステム100のCPプローブ機能は、外側ジンバル105の前表面を超えて縦に延在する1つまたは複数の導電性脚部130によって提供される。脚部130は、外側ジンバル105と一体形成され得る、または、外側ジンバル105に設置される別個の陰極プローブであり得る。いずれの場合も、脚部は

50

、関節式である、すなわち、移動の柔軟性を可能にするように接続される。1つまたは複数の実施形態において、1つまたは複数の脚部130は、内側ジンバル110によって画定された1つまたは複数の進入部115を通過する。1つまたは複数の実施形態において、脚部130は、海中ハウジング131を含み、海中ハウジング131は、基準電極として役立つ1つ又は複数の基準セル及び電圧電極として役立つハウジングの端の導電性先端132を収容する。導電性先端132は、測定される水面下表面において電圧を伝え得る鋼または他の合金等の伝導性金属で作られる。海中ハウジング131内に収容される基準セルは、水に暴露されなければならない、また、銀／塩化銀半セルまたは純亜鉛電極等の従来の陰極防食電位プローブ構造において使用されるタイプであり得る。他の実施形態において、基準電極は、ROVまたはそのロボットアームの外側表面に位置する、または、ROVまたはそのロボットアーム内に収容される。導電性脚部130は、電圧計（図示せず）等の電圧処理デバイスと電気接続状態にあり、電圧計は、一体式プローブシステム100、ROV、または表面側に位置して、測定サイトで採取される電圧の読みを記録及び／または表示し得る。ROVを実装する実施形態において、ROVは、電気ケーブルによって電圧計を脚部130の非先端端に結合するために、表面上のロケーションに導くアンビリカルケーブルを有し得、それにより、導電性先端132が水面下表面（例えば、パイプライン）に接触すると、電位が電圧計によって測定される。脚部130の先端132のうちの1つの先端における少なくとも1つの電圧電極は、正確な陰極電位の読みを得るために検査表面と接触状態になければならないが、読取りが行われるときに、それぞれの脚部130が検査表面と接触状態にあることは必要でない。本出願は、電圧読取り中にそれぞれの脚部130が呈する種々の抵抗性経路による不正確な読みに悩まされない。

10

20

【0023】

1つまたは複数の実施形態において、脚部130の先端132は、円または楕円ベースを有する円錐として形作られる。他の実施形態において、脚部130の先端132は、ピラミッド状である、直角プリズムである、半円である、尖っている、平坦である、または、丸い端を有する。こうして、先端132は、種々の接点構成を達成するために再構成可能または交換可能である。例えば、先端132は、固定ステンレス鋼先端の代わりに、可動性の金属ローラー、ホイール付き先端、またはボールキャスターであり得る。こうした構成は、検査表面（例えば、パイプの鋼表面）にタッチダウンすることによる、ROVアーム及びエンドエフェクターに対する衝撃を低減し、スポットチェックの代わりに走査を実施するときの検査表面にわたる併進運動を可能にすることになる。

30

【0024】

一体式プローブシステム100の動作中に、CP測定とUT測定の両方を実質的に同時に実施するために、一体式プローブシステムのCP態様とUT態様は共に、検査表面に近接状態にもたらされる必要がある。十分な近接性は、超音波プローブ125の較正に依存し、超音波プローブ125が、プローブと表面との間の水の特性、表面の材料、及び他の考慮事項の結果として或る有効測定範囲を有することを意味する。例えば、超音波プローブ125の有効測定範囲は、成功裏の測定を実施するために、超音波プローブ125が検査表面に当接するまたは検査表面の数ミリメートル以内にある必要があることを意味する。超音波プローブ125は、検査表面から更に離れている場合、信号完全性を喪失し、読みを収集することができないことになる。1つ又は複数の実施形態において、超音波プローブ125は0～2mmの有効測定範囲を有する。超音波プローブ125が検査表面から離れれば離れるほど、UT測定がより正確でなくなる。1つ又は複数の実施形態において、導電性脚部130は、CP電圧測定を行うために検査表面に接触しなければならない。したがって、一体式プローブシステム100は、超音波プローブ125がその測定有効範囲（例えば、検査表面から0～2mm）内に位置決めされている間に脚部130が検査表面に接触するように配置され得る。センサハウジング120内での超音波プローブ125に対する脚部130の配置は、特定の検査表面の直径または湾曲を収容するように構成され得る。例えば、1つ又は複数の実施形態において、脚部130は、センサハウジング120を超えて或る距離に延在する。こうして、一体式プローブシステム100が検査表面

40

50

と近接状態にもたらされると、脚部 130 の 1 つまたは複数は表面に接触することになるが、超音波プローブ 125 は、依然として、正確な UT 測定を実施するためにその有効測定範囲内にあるように十分に表面に近いことになるが、表面に接触しないことになる。1 つ又は複数の実施形態において、脚部 130 は、センサハウジング 120 を超えて 0.5 mm、1 mm、1.5 mm、2 mm、または 2.5 mm に延在する。他の実施形態において、脚部 130 はセンサハウジング 120 に整列される。より長い脚部 130 は、より小さな（例えば、約 10 cm 以下の）直径を有する検査表面のために実装され得る。その理由は、より小さな検査表面の場合、一体式プローブシステム 100 の前表面幅が、検査表面と同等になり、したがって、全ての脚部が表面に一度に接触できるわけではないが、少なくとも 1 つの脚部が表面に接触し、他の脚部が表面を囲むように配向される場合、超音波プローブ 125 が、その有効測定範囲内で検査表面に配向されることになるからである。

10

【0025】

脚部 130 が、センサハウジング 120 を超えるかどうかまたセンサハウジング 120 を超えてどれだけの距離だけ延在するか、及び、一体式プローブシステム 100 の前表面のどこに脚部を配置するかは、所望される特定の配置に依存し得る。例えば、脚部 130 は、有利には、それぞれの脚部 130 が、互いから等距離であると共に、センサハウジングから等距離にあるように、内側ジンバル 110 の前表面の中心に位置するセンサハウジング 120 の周りに配置され得る。こうしてセンサハウジング 120 を中心に位置させることは、脚部 130 の 1 つまたは複数が検査表面に接触するときに、UT 厚さ測定が実施される可能性を最大にする。センサハウジング 120 から離れる脚部 130 の距離は、特定の表面を検査するために所望される配置に応じて変動し得る。例えば、脚部 130 がセンサハウジング 120 に近い配置は、CP 電圧を採取することと、UT 厚さ測定値を採取することとの間のどんな測定ラグの差も減少させ、スポット検査の精度を上げ、一方、センサハウジング 120 から比較的離れて脚部 130 を離間させることは、より広い検査エリアを提供し、アライメント支援を提供し得る（すなわち、1 つの脚部が表面に接触し、内側ジンバル 110 が、その力に応答してシフトし、それにより、1 つまたは複数の他の脚部を同様に接触するように押す）。

20

【0026】

本明細書で述べる例示的な実施形態は、電圧測定を実施するために検査表面に接触するように配置される CP プローブを含むが、本発明は、脚部 130 等の接触 CP プローブタイプを示すことに限定されるのではなく、非接触近接 CP プローブを含み得る。例えば、近接 CP プローブは、脚部 130 の代わりに内側ジンバル 110 に実装され得る。近接電極は近接 CP プローブの検査先端に収容され、基準電極は電圧計（例えば、ROV またはダイバーアンビリカルコード内）に接続する「グラウンド（ground）」ワイヤの形態で設けられる。近接 CP プローブは、通常、超音波プローブ 125 と同等の有効測定範囲（例えば、0～1 mm、0～1.5 mm、0～2 mm）を有する。

30

【0027】

本出願の一態様において、一体式プローブシステム 100 は、測定される水面下表面に対して受動的に調整可能であるという利点を提供する。したがって、1 つまたは複数の回転継手 135 が一体式プローブシステム 100 に含まれて、外側ジンバル 105、内側ジンバル 110、及び／または導電性脚部 130 についての移動の自由を提供し得る。回転継手 135 は、外側ジンバル 105 に、内側ジンバル 110 に、または両者の間にヒンジで連結され得る。回転継手 135 が外側ジンバル 105 に第 1 の端においてヒンジで連結されるとき、回転継手の第 2 の端（すなわち、自由端）は、ROV 測定アーム、固定ベース、または他の外部キャリア（アームエンドエフェクター等）に結合される。1 つまたは複数の実施形態において、回転継手 135 は、外側ジンバル 105 を外部キャリアに結合する 2 つの回転継手及び内側ジンバル 110 を外側ジンバル 105 に結合する 2 つの回転継手を含む。回転継手 135 は、超音波プローブ 125 に対して組合せた 2 自由度、すなわち、外側ジンバル 105 が、外側ジンバルの縦径内の平面によって規定される側部

40

50

・側部軸の周りでピッチングする（ピッチ平面「pitch plane」）ための自由度、及び、内側ジンバル110が外側ジンバルの縦径に垂直な平面によって規定される垂直軸の周りにヨーイングする（ヨー平面「yaw plane」）ための自由度を効果的に提供するのに役立つ。

【0028】

実際には、導電性脚部130が検査表面に接触すると、表面から与えられる力は、一体式プローブシステム100に作用して、接触中の1つまたは複数の脚部を押戻し、他の脚部を表面と接触状態にさせる。こうして、更なる脚部130は、検査表面と接触状態にもたらされ、それにより、より正確な電圧測定値を提供し得る。一体式プローブシステム100の回転継手135の配置によって提供されるピッチ及びヨー平面における或る角度の運動は、脚部130表面接触を改善するのに役立つ。例えば、1つまたは複数の実施形態において、一体式プローブシステム100は、ピッチまたはヨー平面を通して0～15°、0～20°、0～30°、または0～45°だけ調整し得る。

【0029】

図1A～1Bによって示される特定の実施形態において、4つの関節式導電性脚部130が、超音波プローブ125の周りに配置される。図1Bは、互いに直径方向に対向し、内側ジンバル110によって画定される窪みタイプ進入部115a、115bを通過する第1の対の脚部130a、130bを示す。第2の対の脚部130c、130dは、同様に互いに直径方向に対向し、内側ジンバル110の外周縁によって画定されるアパーチャタイプ進入部115c、115dを通過する。この実施形態において、4つの脚部130a～130dは、超音波プローブ125の周りに90°離れて等間隔に配置される。この配置は、少なくとも1つの脚部が電圧の読みを得るために検査表面に接触できるための最大範囲を提供する。しかし、特定の用途に応じて、脚部が等間隔に配置されない4つの脚部の他の導電性脚部配置が企図され得る。

【0030】

更に、内側ジンバル110の可撓性と連携した脚部130の可撓性は、超音波プローブ125を、或るマージンを持って検査表面上に整列させる（例えば、内側ジンバル110の前表面はターゲット表面に対して実質的に横断的に垂直である）。導電性脚部130による超音波プローブ125のこの受動的アライメントは、CP電圧及びUT測定が共に、同時に、または、少なくとも検査表面の単一プロービングで実施されることを可能にする。1つまたは複数の実施形態において、近接センサが、超音波プローブ125に結合されて、検査表面で位置決めするのを支援する。例えば、近接センサは、超音波プローブ125の可撓性メンブレンにおいてまたはそれに隣接してセンサハウジング120の内部に位置する赤外線または音響センサであり得る。

【0031】

ここで図2A～2Bを参照すると、本出願の1つまたは複数の実施態様による水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を行うための一体式プローブシステム200が提供される。一体式プローブシステム200は、一体式プローブシステムに移動の自由を提供するように共にインターロックする2つの主構成要素を備えて、接触すると、それ自身を、検査表面を横切って受動的に配向させる。押出し成形外側ジンバル205（または「固定ベース（static base）」）は、第1の構成要素を備え、その後表面はROV測定アームに結合され得る。押出し成形外側ジンバル205は、外側ジンバルの前表面において中心に形成されたcチャンネル溝206を含み、溝は、一体式プローブシステム200の第2の構成要素に結合するためにサイズ調整され形作られる口部208及び一对のリップ209a、209bを有する。

【0032】

第2の構成要素は、結合体が外側ジンバル205に結合し得る単一構成要素として働くように、共に結合されるまたは一体形成される一連の要素を含む。第2の構成要素は、同様に、プローブキャリアーとして知られ得る。プローブキャリアーは、超音波プローブを収容し、検査表面に向かって配向されるCP及びUT測定ツールを包囲する導電性材料（

例えば、脚部、リム、または表面の形態の導電性電圧電極）を提供する構造を説明する。1つまたは複数の実施形態において、プローブキャリアーは、移動の少なくとも1自由度を有する、通常、2自由度（すなわち、ピッチ及びヨー）を有する、本明細書において設けられる一体式プローブシステムの要素を含む。図2Bは、第2の構成要素を備える要素の1つの特定の配置及び外側ジンバル205に対するそのインターロックする性質を示す。1つまたは複数の実施形態において、cチャンネル溝206に結合するようにサイズ調整され形作られるボールキャスター217が設けられる。図2Bに示すボールキャスター217は、例によれば、実質的に球であるが、長円、楕円、長方形、正方形、または他の形状が企図され得る。1つまたは複数の実施形態において、ボールキャスター217は、関節式キャリアー219の第1の端と一体形成される。例えば、関節式キャリアー219及びボールキャスター217は、ステンレス鋼で作られた単一金属構成要素であり得る。他の実施形態において、ボールキャスター217及び関節式キャリアー219は、容易な取換えのために結合または取外しされ得る別個の構成要素である。1つまたは複数の実施形態において、関節式キャリアー219の第2の端は、単一成形成品として、内側ジンバル210の後表面と一体形成される。他の実施形態において、関節式キャリアー219及び内側ジンバル210は、容易な取換えのために結合または取外しされ得る別個の構成要素である。1つまたは複数の実施形態において、関節式キャリアー219は円錐状であり、そこで、内側ジンバル210に接続するより幅広の端が、ボールキャスター217に接続する端に向かってテーパが付く。

【0033】

有利には、溝206及びボールキャスター217は、ボールキャスターが運動の或る程度の自由を有するようにフレキシブルに結合する。換言すれば、ボールキャスター217は、外側ジンバル205に結合するために口部208に入り込んだ後、所定の場所に強固に固定されるのではなく、むしろ、溝206の内壁における摩擦力を受けて溝206内で旋回し得る。更に、関節式キャリアー219の円錐の性質は、内側ジンバル210が、ボールキャスター217と共に相応して旋回して、内側ジンバルの前表面を検査表面に対して配向させることを可能にする。そのため、内側ジンバル210が検査表面に接触するにつれて、表面によって与えられる力は、1つまたは複数の導電性脚部230が検査表面に接触するまで、内側ジンバル210を自己調整させる。1つまたは複数の導電性脚部230は、内側ジンバル210の前表面から縦に外方に延在し、CPプローブ機能を提供する電圧電極として働く。対応する基準電極は、電気絶縁性であり、種々の実施形態において、ROVまたはそのロボットアームの外側表面に位置するまたはROVまたはそのロボットアーム内の外側ジンバル205内で、または、脚部230の海中ハウジング部分において等で、一体式プローブシステム200に組込まれる。幾つかの実施形態において、脚部230は、内側ジンバル210と一体形成される。例えば、内側ジンバル210及び脚部230は、ステンレス鋼等の同じまたは同様の材料で作られた単一成形成品であり得る。他の実施形態において、脚部230は、内側ジンバル210及び／または関節式キャリアー219の成形によって画定される進入部（例えば、進入部115）内に結合する。こうして、脚部230は、置換え可能であり得、容易な取換えのために一体式プローブシステム200に結合され得るまたはそこから取外され得る。1つまたは複数の実施形態において、脚部230は、脚部130と同様または同じであり、全体的に導電性であり得る、または、内側ジンバル210に対して非伝導性結合部分を有する導電性先端（例えば、海中ハウジング131及び先端132）に限定され得る。第2の構成要素における要素のこの配置は、表面電圧を測定するためのCPプローブ機能を一体式プローブシステム200に提供する。

【0034】

一体式プローブシステム200は、センサハウジング120及び超音波プローブ125と同じまたは同様であり得るセンサハウジング220及び超音波プローブ225を更に含む。これらの要素は、UT厚さ測定能力を一体式プローブシステム200に提供するために同時に機能する。1つまたは複数の実施形態において、センサハウジング220は、内

側ジンバル 2 1 0 の前表面において中心に位置する。脚部 2 3 0 は、その後、センサハウジングの周りにアレイで配置され、それにより、脚部の 1 つまたは複数が検査表面に接触すると、超音波プローブ 2 2 5 が U T 厚さ測定を実施し得る。U T 厚さ測定は、超音波プローブ 2 2 5 が検査表面に近接していることを必要とするため、脚部 2 3 0 のそれぞれは、仮にあったとしても、センサハウジング 2 2 0 を超えて短い距離だけ延在し得るだけである。例えば、脚部 2 3 0 の端は、内側ジンバル 2 1 0 を超えて、センサハウジング 2 2 0 が延在するのに比べて 5 ～ 1 0 mm 延在し得る。

【 0 0 3 5 】

1 つの例示的な実施形態において、3 つの導電性脚部が、超音波プローブ 2 2 5 の周りで、アレイで等間隔に配置される。例えば、それぞれの脚部は、1 2 0 ° 離れ得る。この実施形態において、ボールキャスター 2 1 7 及び関節式キャリアー 2 1 9 は、2 つの直交軸、すなわち、脚部 2 3 0 a の直径とセンサハウジング 2 2 0 の直径を通過する平面によって規定される垂直軸、及び、水平軸であって、垂直軸に直交する平面によって規定されかつセンサハウジング 2 2 0 の直径を通過する、水平軸の周りで内側ジンバル 2 1 0 に 2 自由度を提供する。これらの軸は、上記で特定されたピッチ平面またはヨー平面と同様または同じであり得る。

【 0 0 3 6 】

本明細書の他のところで述べるように、水面下超音波プローブは、圧電セラミック（または「変換器（t r a n s d u c e r）」）結晶と超音波センサハウジングの外側表面との間に設置された可撓性メンブレンを有するセンサハウジング内に収容され得る。1 つまたは複数の実施形態において、導電性媒体は、C P プローブ機能を提供するためにセンサハウジングのリムまたは他の部分内に一体化され得る。センサハウジングの残りの部分は、非伝導性材料で作られ得る。こうして、超音波試験厚さ測定プローブは、一体式 C P / U T プローブとして機能し得る。1 つまたは複数の実施形態において、こうした一体式 C P / U T プローブは、より広範囲の一体式プローブシステムに設置され得る。例えば、このタイプの一体式 C P / U T プローブは、一体式プローブシステム 1 0 0 または一体式プローブシステム 2 0 0 に設置され得る。

【 0 0 3 7 】

ここで図 3 A ～ 3 B を参照すると、水面下表面において同時の陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を行うための一体式プローブ 3 0 0 が提供される。一体式プローブ 3 0 0 は、センサ本体 3 0 5 を含み、超音波試験ケーブル 3 1 0 はセンサ本体の第 1 の端に結合されている。超音波試験ケーブル 3 1 0 は、R O V または表面側内にあり得るデータ処理システムに対する超音波厚さ測定値のデータ転送を提供する。アクティブ超音波素子 3 1 5 は、センサ本体 3 0 5 の第 2 の端に配設され、第 2 の端は、検査表面に向かって配向される端である。1 つまたは複数の実施形態において、超音波素子 3 1 5 は、特定の周波数で超音波を放出し受信する 1 つまたは複数の圧電セラミック結晶である。例えば、超音波素子 3 1 5 は、2 . 0 M H z 、 2 . 2 5 M H z 、 3 . 5 M H z 、 5 . 0 M H z 、または 7 . 5 M H z の周波数で動作し得る。

【 0 0 3 8 】

可撓性メンブレン 3 2 0 は、アクティブ素子 3 1 5 に隣接しかつアクティブ素子 3 1 5 から離間し、それにより、冷却剤を満たされる、両者の間のギャップ 3 2 5 を画定する。冷却剤は、粘性液体（例えば、水）、ゲル、またはペーストであり得る。一実施形態において、可撓性メンブレン 3 2 0 は、ラテックスゴムで作られる。可撓性メンブレン 3 2 0 は、種々の方法で一体式プローブ 3 0 0 のセンサ本体 3 0 5 及びハウジング 3 3 0 に接続され得る。例えば、手動付勢に応答して、メンブレン 3 2 0 は、減少したプロファイル（例えば、圧縮）を有する偏移状態になるように撓んで、ハウジング 3 3 0 によって画定される口部に入り込み、メンブレンにおいて加えた力を解放すると、メンブレンは、非偏移状態に回復し、非偏移状態において、メンブレンの縁に形成されたリップは、ハウジングの内部に係合し、また同様に、センサ本体 3 0 5 の外部表面に係合する。1 つまたは複数の実施形態において、メンブレン 3 2 0 のリップは、一体式プローブ 3 0 0 のハウジング

330の内部上に形成されるシートまたは溝にインターロックするようにサイズ調整され（size）形作られる。不安定な圧縮状態における圧縮に対する可撓性メンブレン320の抵抗に応じて、自由端は、非偏移状態に向かってより大きな程度にまたはより小さな程度に付勢することになる。ハウジング330の内部に取付けられると、この付勢は、ハウジングの内壁とセンサ本体305との間の摩擦を生成し、可撓性メンブレン320が、一旦結合されると、ハウジング内部に沿って縦に摺動することを防止する。この摩擦は、ハウジング330とセンサ本体305との間の溝またはシート内に位置決めされている間に、可撓性メンブレン320がその非偏移状態に完全に帰ることができないために残ったままであり、一方、弾性回復力は、溝の側壁に連続して力を加える。ハウジング330は、センサ本体305の少なくとも一部分を外周方向に囲む。1つまたは複数の実施形態において、ハウジング330は、ハウジング330の内側表面上の溝によってセンサ本体305上にねじ込まれ、溝は、センサ本体305の外側表面上に成形された対応するねじ山を受取る。1つまたは複数の実施形態において、ハウジングは、円柱及びリングであって、そこを貫通するアパーチャを画定するように形作られた、円柱及びリングであり、そのアパーチャに可撓性メンブレン320が入り込む。

10

【0039】

1つまたは複数の実施形態において、ハウジング330は、電圧電極として働くことによって陰極防食電圧プローブ機能を提供する。対応する基準電極は、種々の実施形態において、電気絶縁方式でROVまたはそのロボットアーム（図示せず）の外側表面に取付けられ得るまたはROVまたはそのロボットアーム（図示せず）内にあり得る。他の実施形態において、基準電極は、一体式プローブ300内にあり得るまたは一体式プローブ300に搭載され得る。例えば、基準電極は、電圧電極（例えば、以下で述べるハウジング330、リム340）から電気絶縁されている限り、センサ本体305内に収容され得る。検査表面と接触すると、ハウジング330は、CPケーブル335を介して、検査される表面のCP電圧を（例えば、ROVまたは表面側の）電圧測定デバイスに伝える。CPケーブル335は、前表面（すなわち、検査表面に向かって配向した表面）の導電性部分に接続されそこから延在する1つまたは複数の伝導性リード線を含む。これは、2つの方法で達成され得る。1つまたは複数の実施形態において、ハウジング330の全体は、例えば、ステンレス鋼または他の合金で作られたギザギザのあるリング等の伝導性材料で作られ得る。これは、一体式プローブ300が検査表面に接触するところではどこでも電圧測定が行われ得ることを保証する。1つまたは複数の代替の実施形態において、ハウジング330の外側表面（または「リム（rim）」）は、伝導性材料に限定され得る。1つまたは複数の実施形態において、リムは、可撓性メンブレン320に隣接して位置し、それにより、メンブレンが検査表面に接触すると、リムは同時に接触する。例えば、図3Bは、可撓性メンブレン320を囲む表面の全体に沿って伝導性材料を含むリム340を示す。可撓性メンブレン320がリム340と同一平面上にある、または、メンブレンがリムを超えて或る距離に延在する場合、メンブレンが圧縮して、リムが検査表面に直接接触することを可能にし、それにより、UT測定と同時にCP測定を実施することが先行する議論から理解されるべきである。一体式プローブ300の実施形態は、CPプローブ部分（例えば、ハウジング330、リム340）が検査表面に接触することを防止する可撓性メンブレン320設計を含まない。

20

30

40

【0040】

ここで、図4を参照すると、1つまたは複数の実施形態による一体式プローブシステム400が提供される。遠隔操作式ビークル（ROV）（図示せず）は、少なくとも1つのロボット測定アーム405を含み、ロボット測定アーム405は、ロボットアームの自由端に回転可能エンドエフェクター410を有する。エンドエフェクター410は、種々のプローブアタッチメントを結合するための1つまたは複数のプローブアタッチメントポイントを含む。アタッチメントポイントは、プローブアタッチメントがねじ込まれるまたはパチンと嵌るモジュール式フレームを含み得る、または、ねじ及びねじ山付きスリーブによってエンドエフェクターに直接固定するためのポイントを含む。他の同様なアタッチメ

50

ント機構が、当技術分野で知られているように使用され得る。

【0041】

図4の例示的な実施形態は、一体式プローブシステム、例えば、一体式システム100、一体式システム200を受取るようにサイズ調整され形作られたモジュール式フレーム411、412を備える2つの直径方向に対向するアタッチメントポイントを含む。他の実施形態において、アタッチメントポイントは、或る角度、例えば、15°、30°、45°、60°、75°、または90°によって分離される。1つまたは複数の実施形態において、陰極防食（CP）電圧測定プローブ415及び超音波試験（UT）厚さ測定プローブ420は、アタッチメントポイントにおいてモジュール式フレーム411、412に結合される。一実施形態において、組合せ式CP及びUTプローブまたはプローブシステム（例えば、一体式プローブシステム100、一体式プローブシステム200、一体式プローブシステム300）は、単一アタッチメントポイントに結合される。

10

【0042】

モータ（図示せず）は、ロボットアーム405またはエンドエフェクター410内に収容されてまたはそこに搭載されて、アタッチメントポイントを所望の位置になるように回転させる。例えば、モータは、当技術分野で知られているように、ロボットアーム405の先端内に収容され、エンドエフェクター410と機械的接続状態にあり得る。モータを作動させ、それにより、エンドエフェクター410を回転させることによって、検査表面に向くセンサは交換され得る。例えば、ROVは、CPプローブ415が電圧読取りを行うために表面に対して横断的に配向するように、一体式プローブシステム400を検査表面と近接状態にもたらし得る。その後、モータは、CPプローブ415を検査ポイントから出るように回転させ、UTプローブ420をその同じロケーションに入るように回転させて、UT厚さ測定を行う。UT厚さ測定が行われた後、モータは、CPプローブ415及びUTプローブ420をそれらの元の測定前の位置に戻るよう回転させ得る。これは、CP測定を行うことと、UT測定を行うこととの間の遅延を減らす。

20

【0043】

1つまたは複数の実施形態において、CPプローブ415またはUTプローブ420の回転は、測定が行われたまたは行われようとしていることをソフトウェア実施態様が識別する結果として自動的に起こる。例えば、CP電圧読取りが終了するとすぐに、ROVのハウジング内に位置し得る、または、表面上に位置しROVに通信可能に結合され得る、プロセッサを有するコンピューティングデバイスは、CPプローブ415が測定をたった今行ったロケーション内にUTプローブ420を自動的にシフトするようにモータに指令する、メモリに記憶されたプログラムコードを人の介入なしで実装する。こうして、CP電圧読みを採取することと、UT厚さ測定値を採取することとの間の遅延は、水面下表面検査中に低減され得る。

30

【0044】

図4に開示する例示的な実施形態はCPプローブ415及びUTプローブ420を企図するが、他の検査センサが、CP及びUTプローブに加えて付加され得る、または、モジュール方式で1つまたは複数のアタッチメントポイントにおいて作動式エンドエフェクター410の外周の周りに交換可能に嵌合され得る。例えば、他のセンサは、渦電流またはACFMセンサのような非破壊試験センサ及びカメラまたはフラッシュライト等の視覚センサを含み得る。一体式プローブの本体上にフラッシュライトを有するカメラ等の視覚センサの設置は、アーム作動制御を支援し、それにより、所望の検査表面に対するより正確なアライメントを提供する。

40

【0045】

ここで図5を参照すると、水面下表面において陰極防食電圧読取り及び超音波試験厚さ測定を実施するためのシステム500が提供される。例示的なシステム500において、一体式CP及びUTプローブシステム505は、本明細書の他のところ（例えば、一体式プローブシステム100、一体式プローブシステム200等）で述べるように提供され、CPプローブ510及びUTプローブ515を有する。一体式プローブシステム505は

50

、ROV 520 のロボットアーム 525 に、ロボットアームの自由端に位置するアームエンドエフェクター 527 において結合される。ROV 520 は、当技術分野で知られている任意の従来の ROV であり得、より軽量の非ワーククラス ROV を含む。1 つまたは複数の実施形態において、CP プロブ 510 は、アームエンドエフェクター 527 における電圧電極 530、及び、ROV 520 の外側表面にまたは ROV 520 内に配設された基準電極 535 を含む。他の実施形態において、電圧電極 530 は、CP プロブ 510 に直接配設される。例えば、電圧電極 530 は、伸長した脚部（例えば、脚部 130）における導電性先端（例えば、ステンレス鋼）または導電性部分（例えば、リム 340）であり得、基準電極 535 は、銀／塩化銀半セルまたは水に暴露される他の基準電極であり得る。CP プロブ 510 の構成要素をこうして分割することは、アームエンドエフェクター 527 によって保持される重量を減少させ、電気性能を犠牲にすることなくより大きなアーム可動性を提供する。

10

【0046】

検査プロセス中に、システム 500 が水面下表面を CP プロブ 510 に接触させると、CP 電圧測定が、本明細書の他のところで述べたように行われる。信号は、その後、CP プロブ 510 からロボットアーム 525 内のケーブルに沿って ROV 520 に送出され、ROV 520 において、信号は、当技術分野で知られているように、DC 信号の形態等、出力のためのコヒーレントな形態に未処理電気信号を変換する信号調整器 540 によって処理される。同時に、海水に暴露され、知られている電極電位を有する基準電極 535 は、水に対する基準電圧測定を行い、CP 電圧信号と同じ方法で処理される対応する信号を信号調整器 540 に転送する。信号調整器 540 は、その後、CP プロブ 510 と基準電極 535 との間の差電圧を計算する。信号調整器 540 からの差電圧出力は、その後、データ収集ユニット 545 への入力として送信され、データ収集ユニット 545 において、検査表面における電圧は、記録され、検討され、解析され得る。例えば、差電圧は、処理されユーザに対して可視化され得る、適したデジタルまたはアナログ信号に変換される。

20

【0047】

ROV ロボットアーム（例えば、ロボットアーム 405、ロボットアーム 525）の機械的態様は同様に、種々の方法で改善され得る。1 つまたは複数の実施形態において、浮遊支援材料が、アームエンドエフェクターの近くに付加されて、アームを中性浮力状態にし、アームモータにかかる重量効果を打消す。1 つまたは複数の実施形態において、浮遊支援材料は、本明細書の他のところで述べるように、一体式プロブまたはプロブシステムと一体化され得る。浮遊支援材料は、例えばポリウレタンエラストマーまたは樹脂及び中空ガラス微小球から作られた合成フォームまたはフロートの形態をとり得る。他の浮遊支援物は、アンピリカル浮力コードまたは同様なものを含み得る。

30

【0048】

検査表面における海洋生物付着は、CP 及び UT 測定値を採取するシステムの有効性にとって難題である。したがって、任意の測定値を採取する前に検査表面から海洋生物付着を除去することが好ましい。1 つまたは複数の実施形態において、本明細書で述べる一体式プロブシステムは、プロブシステムに搭載された洗浄システムを含み得る。洗浄システムは、アタッチメントポイントにおいて等で、ROV のアームエンドエフェクターに設置され得る。洗浄システムの付加は、接触することによる、同時の（水面下表面上の海洋生物の）スポット洗浄及び UT 読みの収集及び測定の信頼性の改善を可能にする。洗浄システムは、水ジェットノズル、キャビテーションジェットノズル、サンドブラスター、または回転ブラシ等の従来の ROV 洗浄ツールを含み得る。

40

【0049】

1 つまたは複数の実施形態において、本明細書で述べる一体式プロブシステムは、力または近接センサを含み得る。（例えば、アタッチメントポイントにおいて、外側ジンバルまたは内側ジンバルあるいは CP 及び UT プロブに近い他の位置において）一体式センサ本体に組込まれた力センサまたは近接（例えば、赤外線または音響）センサは、プロ

50

ープ及び／または表面を損傷することを回避するようにターゲット検査表面上でエンドエフェクターを位置決めするのを支援するために使用され得る。

【0050】

特に、上記図及び例は、述べるまたは示す要素の幾つかまたは全ての交換によって他の実施態様が可能であるため、単一実施態様の本出願の範囲を制限することを意味しない。更に、本出願の或る要素が、知られている構成要素を使用して部分的にまたは完全に実装されうる場合、本出願の理解するために必要であるこうした知られている構成要素の部分のみが述べられ、こうした知られている構成要素の他の部分の詳細な説明は、本出願を曖昧にしないために省略される。本明細書において、1つだけの構成要素を示す実施態様は、本明細書で別途明示的に述べられない限り、複数の同じ構成要素を含む他の実施態様を必ずしも排除すべきでない、また、その逆も同様である。更に、出願人は、明細書または特許請求の範囲のいずれの用語も、明示的にそのように述べられない限り、非一般的な又は特別な意味にされることを意図しない。更に、本出願は、例証として本明細書で言及した、知られている構成要素に対する現在のまた将来の知られている等価物を包含する。

10

【0051】

特有の実施態様の上記説明は、関連技術（複数可）（本明細書において述べられ参照により組込まれた文書の内容を含む）の技量内の知識を適用することによって、他の者が、過度な実験なしで、本出願の一般的な概念から逸脱することなく、こうした特有の実施態様に対して、種々の用途について容易に修正する及び／または適応するという、本出願の一般的な性質を完全に明らかにするであろう。したがって、こうした適応及び修正は、本明細書に提示される教示及び指針に基づいて、開示される実施態様の等価物の意味及び範囲内にあることを意図される。本明細書のフレーズまたは用語が、制限のためでなく、説明のためのものであり、それにより、本明細書の用語またはフレーズが、関連技術（複数可）の専門家の知識と組合せて、本明細書で提示される教示及び指針を考慮して当業者によって解釈されることが理解される。

20

【0052】

本出願の種々の実施態様が上述されたが、種々の実施態様が、制限ではなく例として提示されていることが理解されるべきである。形態及び詳細における種々の変更が、本出願の趣旨及び範囲から逸脱することなく実施態様において行われる可能性があることが関連技術（複数可）の専門家に明らかである。したがって、本開示は、上述した例示的な実施態様のいずれの実施態様によっても制限されるべきでない。

30

【符号の説明】

【0053】

- 100 一体式プローブシステム（一体式システム）
- 105 外側ジンバル
- 110 内側ジンバル
- 115 進入部
- 115 a 窪みタイプ進入部
- 115 b 窪みタイプ進入部
- 115 c アパーチャタイプ進入部
- 115 d アパーチャタイプ進入部
- 120 センサハウジング
- 125 超音波プローブ
- 130 関節式導電性脚部
- 130 a 脚部
- 130 b 脚部
- 130 c 脚部
- 130 d 脚部
- 131 海中ハウジング
- 132 導電性先端

40

50

1 3 5	回転継手	
2 0 0	一体式プローブシステム（一体式システム）	
2 0 5	成形外側ジンバル	
2 0 6	c チャンネル溝	
2 0 8	口部	
2 0 9 a	リップ	
2 0 9 b	リップ	
2 1 0	内側ジンバル	
2 1 7	ボールキャスター	
2 1 9	関節式キャリアー	10
2 2 0	センサハウジング	
2 2 5	超音波プローブ	
2 3 0	導電性脚部	
2 3 0 a	脚部	
3 0 0	一体式プローブシステム（一体式プローブ）	
3 0 5	センサ本体	
3 1 0	超音波試験ケーブル	
3 1 5	アクティブ超音波素子（アクティブ素子）	
3 2 0	可撓性メンブレン	
3 2 5	ギャップ	20
3 3 0	ハウジング	
3 3 5	C P ケーブル	
3 4 0	リム	
4 0 0	一体式プローブシステム	
4 0 5	ロボット測定アーム（ロボットアーム）	
4 1 0	エンドエフェクター	
4 1 1	モジュール式フレーム	
4 1 2	モジュール式フレーム	
4 1 5	陰極防食（C P）電圧測定プローブ（C P プローブ）	
4 2 0	測定プローブ（U T プローブ）	30
5 0 0	システム	
5 0 5	一体式プローブシステム（U T プローブシステム）	
5 1 0	C P プローブ	
5 1 5	U T プローブ	
5 2 5	ロボットアーム	
5 2 7	アームエンドエフェクター	
5 3 0	電圧電極	
5 3 5	基準電極	
5 4 0	信号調整器	
5 4 5	データ収集ユニット	40

【図 1 A】

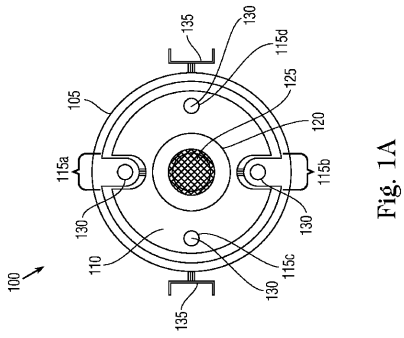


Fig. 1A

【図 1 B】

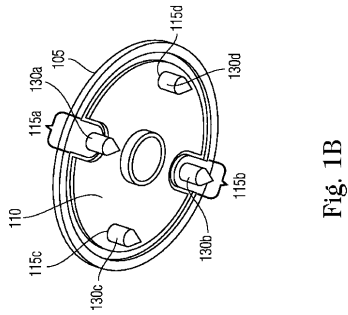


Fig. 1B

【図 2 A】

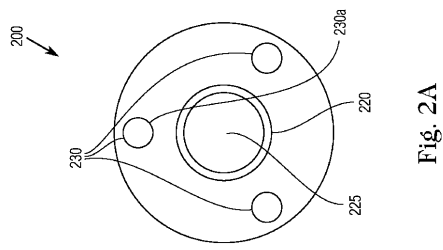


Fig. 2A

【図 2 B】

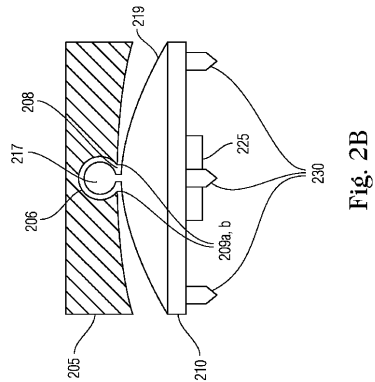


Fig. 2B

【図 3 A】

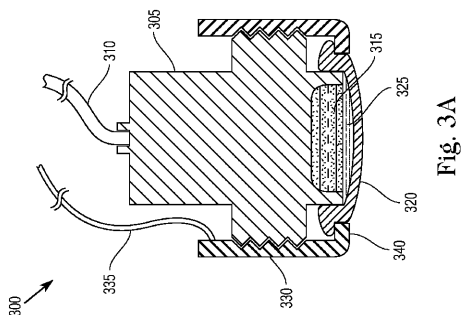


Fig. 3A

【図 3 B】

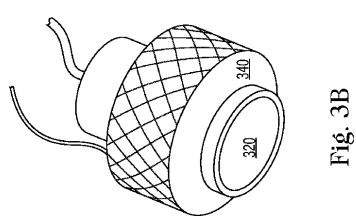


Fig. 3B

【図 4】

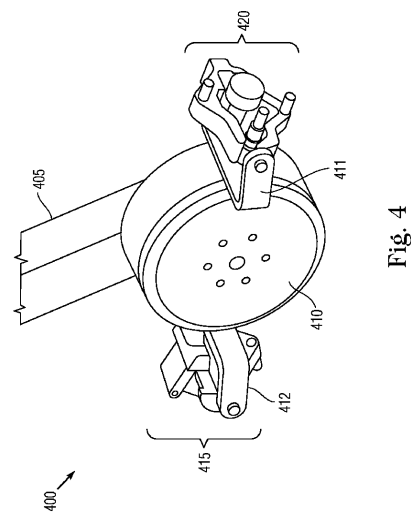


Fig. 4

【図 5】

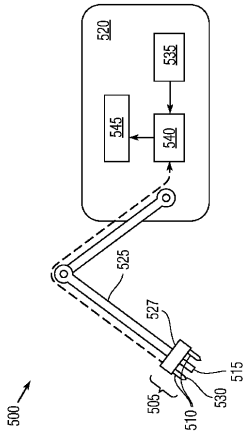


Fig. 5

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2017/029692

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01B17/02 B63G8/00 C23F13/22 G01N29/22 G01N29/265
ADD.

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)

G01B B63G C23F G01N

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

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

EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A A A	EP 2 762 401 A1 (KAWASAKI HEAVY IND LTD [JP]) 6 August 2014 (2014-08-06) abstract; figures 1-2 paragraphs [0011], [0040], [0049] - [0052], [0058], [0075], [0089] ----- US 6 317 387 B1 (D AMADDIO EUGENE R [US] ET AL) 13 November 2001 (2001-11-13) abstract; figures 1-15 column 11, lines 14-20 column 13, lines 1-60 ----- JP H05 8415 U (CHUBU ELECTRIC POWER CO.) 5 February 1993 (1993-02-05) paragraphs [0014] - [0020]; figures 1,2 ----- -/--	21 1-20, 22, 23 1-23 1, 9, 11-14, 16, 21, 22

☒ 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

28 July 2017

Date of mailing of the international search report

11/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marani, Roberta

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2017/029692

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 523 235 A (DEEPOCEAN AS [NO]) 19 August 2015 (2015-08-19) abstract; figures 1,5 page 6, lines 19-27 -----	1,8,16, 17,21-23
A	US 6 763 720 B1 (JACOBSEN JOSTEIN [NO] ET AL) 20 July 2004 (2004-07-20) abstract; figures 4-7 column 8, lines 12-40 -----	1,9, 11-14, 16,21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2017/029692

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2762401	A1	06-08-2014	AU 2012313734 A1 EP 2762401 A1 JP 5806568 B2 JP 2013067358 A US 2014230713 A1 US 2017043851 A1 WO 2013046577 A1	17-04-2014 06-08-2014 10-11-2015 18-04-2013 21-08-2014 16-02-2017 04-04-2013
US 6317387	B1	13-11-2001	NONE	
JP H058415	U	05-02-1993	JP H058415 U JP 2566241 Y2	05-02-1993 25-03-1998
GB 2523235	A	19-08-2015	GB 2523235 A NO 336753 B1	19-08-2015 26-10-2015
US 6763720	B1	20-07-2004	AU 4957200 A BR 0010911 A EP 1196740 A1 NO 992558 A US 6763720 B1 WO 0073739 A1	18-12-2000 19-02-2002 17-04-2002 28-11-2000 20-07-2004 07-12-2000

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, 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, 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

(72)発明者 ファドゥル・アブデルラティフ
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

(72)発明者 ハマド・アルーサイアリ
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

(72)発明者 アリ・オータ
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

(72)発明者 アイマン・アメール
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

(72)発明者 サヘジャド・パテル
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

(72)発明者 アミーン・オベダン
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

(72)発明者 ハサン・トゥリグイ
サウジアラビア・23955-6900・トゥワル・キング・アブドゥッラー・ユニバーシティ・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー・ビルディング・24・(アールピーアイシー-3)・ルーム・1-355

Fターム(参考) 2F068 AA28 DD02 KK01 LL02 NN02
4K060 CA04 CA12 CA15 CA30 FA07