

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-157497

(P2022-157497A)

(43)公開日 令和4年10月14日(2022.10.14)

(51)国際特許分類

B 6 3 B 1/38 (2006.01)

F I

B 6 3 B 1/38

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全9頁)

(21)出願番号 特願2021-61757(P2021-61757)

(22)出願日 令和3年3月31日(2021.3.31)

(71)出願人 501204525

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(74)代理人 100098545

弁理士 阿部 伸一

(74)代理人 100189717

弁理士 太田 貴章

(72)発明者 川北 千春

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 拾井 隆道

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術

最終頁に続く

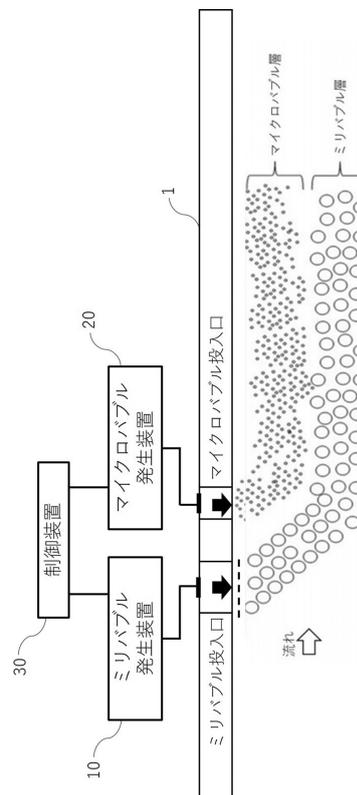
(54)【発明の名称】 摩擦抵抗低減装置を備えた船舶、及びバブル発生装置

(57)【要約】

【課題】少ない気泡発生動力で高い摩擦抵抗低減効果を得ることができる摩擦抵抗低減装置を備えた船舶、及びバブル発生装置を提供すること。

【解決手段】船舶の摩擦抵抗を低減するために、船首部船底の船体外板1に気泡径が100マイクロメートル以上のミリバブルを発生するミリバブル発生装置10を設け、ミリバブル発生装置10の下流側に気泡径が100マイクロメートル未満のマイクロバブルを発生するマイクロバブル発生装置20を設け、上流側で発生させたミリバブルの層により船体外板1近くのマイクロバブルの層を抱え込みマイクロバブルを境界層内に留め、拡散させない。

【選択図】 図1



10

20

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

船舶の摩擦抵抗を低減するために、船首部船底の船体外板に気泡径が100マイクロメートル以上のミリバブルを発生するミリバブル発生装置を設け、前記ミリバブル発生装置の下流側に気泡径が100マイクロメートル未満のマイクロバブルを発生するマイクロバブル発生装置を設け、上流側で発生させた前記ミリバブルの層により前記船体外板近くの前記マイクロバブルの層を抱え込み前記マイクロバブルを境界層内に留め、拡散させないことを特徴とする摩擦抵抗低減装置を備えた船舶。

【請求項 2】

前記ミリバブル発生装置および前記マイクロバブル発生装置を1セット以上具備したことを特徴とする請求項1に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶。 10

【請求項 3】

前記ミリバブル発生装置から発生させる前記ミリバブルの発生量と発生周波数、および前記マイクロバブル発生装置から発生させる前記マイクロバブルの発生量と発生周波数を制御することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶。

【請求項 4】

前記ミリバブル発生装置および前記マイクロバブル発生装置は前記船舶が停船中、旋回中、及び前記船舶の動揺の大きさが設定された閾値を超える場合の少なくともいずれか一つの場合に前記ミリバブル発生装置から発生させる前記ミリバブルの発生と前記マイクロバブル発生装置から発生させる前記マイクロバブルの発生を自動的に停止させることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶。 20

【請求項 5】

前記ミリバブル発生装置は前記船体外板外に気体を放出することにより、放出した気体が水流により自然と微細化して前記ミリバブルとなることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶。

【請求項 6】

前記マイクロバブル発生装置は前記マイクロバブルを前記船体外板外で直接発生させる直接発生法、または船内で前記マイクロバブルが含まれる気液混合流体を生成後に前記気液混合流体を前記船体外板外に放出する気液混合流体法を利用することを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶。 30

【請求項 7】

請求項6に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶における前記マイクロバブル発生装置の前記直接発生法による前記マイクロバブルの発生は、前記船体外板の表面に直接に電極を形成し、前記電極に電力を印加することによって前記船体外板に接している水又は海水を直接電気分解することにより発生する気体を利用することを特徴とするマイクロバブル発生装置。

【請求項 8】

請求項5に記載の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶における前記ミリバブル発生装置で使用する前記気体は、空気又は主機の排ガスから回収した二酸化炭素を用いることを特徴とするミリバブル発生装置。 40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、船底に気泡を流すことにより摩擦抵抗を低減させる摩擦抵抗低減装置を備えた船舶、及びバブル発生装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

航行時に船底に気泡を流すことにより摩擦抵抗の低減を図る技術が以前より提案されている。

例えば、特許文献 1 には、船首船底部において、下方へ気体を放出しうる気体室が船幅方向に列設されるとともに、同気体室へ気体流量制御部および配管を介し接続された高圧気体供給源を備え、気体室の内部が底板の無い底部開口を通じ水中へ開放されるとともに、配管からの噴流を受けるパツフルプレートが気体室内に設けられる船体摩擦抵抗低減装置が開示されている。

また、特許文献 2 には、船体内部の船底に配設され、空気供給口が形成されたエアーチャンバと、エアーチャンバの底部となる船底に列設して形成された複数の空気噴出孔と、エアーチャンバの内部に設けられ、空気供給口と複数の空気噴出孔との間に介在させた拡散板と、を備え、拡散板は、少なくとも、空気供給口に対面する供給口対面領域と、複数の空気噴出孔の配列方向の両端部に位置する空気噴出孔に対面する一对の噴出孔対面領域と、を含むように形成されている船体摩擦抵抗低減装置が開示されている。

また、特許文献 3 には、複数の空気噴出孔は、船体の船幅方向に並んで空気噴出孔群を構成し、空気噴出孔群は、船底に複数形成され、複数の空気噴出孔群は、少なくとも、船首側の船幅方向中央に形成された中央空気噴出孔群と、中央空気噴出孔群の船尾側に形成されると共に船幅方向の両側方に形成された一对の側方空気噴出孔群と、を有しており、中央空気噴出孔群の船幅方向における長さは、側方空気噴出孔群の船幅方向における長さに比して、長く形成されている船体摩擦抵抗低減装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 143345 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 120609 号公報

【特許文献 3】特開 2010 - 120607 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 から特許文献 3 に示されるように、現状の空気潤滑法は、船底に空気を吹き出すことにより、ミリサイズの気泡を水流のせん断力を用いて生成する（吹き出した空気が水流により引きちぎられる）。摩擦抵抗低減効果を向上させるためには吹出空気量を増加させる必要があるが、空気吹き出しのための動力を増加させると、それに伴って「摩擦抵抗低減による推進馬力の低減 - 空気吹出に必要な動力」で表される正味の省エネ効果の向上は小さくなってしまふ。また、空気吹き出しのためのブロー等も大容量となり、機器購入コストが増加してしまふ。

一方、径がマイクロサイズ以下の気泡を用いると、径がミリサイズの気泡を用いた場合よりも少ない空気量で大きな摩擦抵抗低減効果が得られる利点があるが、欠点としてミリサイズの気泡よりも拡散影響が大きいと、発生地点よりも下流に行くに従い、壁面（船底）近傍からマイクロサイズの気泡が離れてしまい、摩擦抵抗低減効果は小さくなる。

そこで本発明は、少ない気泡発生動力で高い摩擦抵抗低減効果を得ることができる摩擦抵抗低減装置を備えた船舶、及びバブル発生装置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】

【0005】

請求項 1 記載に対応した摩擦抵抗低減装置を備えた船舶においては、船舶の摩擦抵抗を低減するために、船首部船底の船体外板に気泡径が 100 マイクロメートル以上のミリバブルを発生するミリバブル発生装置を設け、ミリバブル発生装置の下流側に気泡径が 100 マイクロメートル未満のマイクロバブルを発生するマイクロバブル発生装置を設け、上流側で発生させたミリバブルの層により船体外板近くのマイクロバブルの層を抱え込みマイクロバブルを境界層内に留め、拡散させないことを特徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、マイクロバブルの拡散をミリバブルで抑制することにより、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果を下流の広い範囲にわたって境界層内に維持することができる。また、マイクロバブルとミリバブルを併用することで、気泡発生

10

20

30

40

50

動力を抑制して正味の省エネ効果を向上させることができる。

【 0 0 0 6 】

請求項 2 記載の本発明は、ミリバブル発生装置およびマイクロバブル発生装置を 1 セット以上具備したことを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、より広範囲にわたって境界層内にマイクロバブルを留めやすくできる。

【 0 0 0 7 】

請求項 3 記載の本発明は、ミリバブル発生装置から発生させるミリバブルの発生量と発生周波数、およびマイクロバブル発生装置から発生させるマイクロバブルの発生量と発生周波数を制御することを特徴とする。

請求項 3 に記載の本発明によれば、従来のように連続的にバブルを発生させる場合よりも高い摩擦低減効果を得ることができる。

【 0 0 0 8 】

請求項 4 記載の本発明は、ミリバブル発生装置およびマイクロバブル発生装置は船舶が停船中、旋回中、及び船舶の動揺の大きさが設定された閾値を超える場合の少なくともいずれか一つの場合にミリバブル発生装置から発生させるミリバブルの発生とマイクロバブル発生装置から発生させるマイクロバブルの発生を自動的に停止させることを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、摩擦抵抗低減効果が殆ど見込めない場合にミリバブルとマイクロバブルの発生を自動的に停止させることで、気泡発生動力の無駄遣いを抑制することができる。

【 0 0 0 9 】

請求項 5 記載の本発明は、ミリバブル発生装置は船体外板外に気体を放出することにより、放出した気体が水流により自然と微細化してミリバブルとなることを特徴とする。

請求項 5 に記載の本発明によれば、ミリバブルを簡易かつ効率的に発生させることができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 6 記載の本発明は、マイクロバブル発生装置はマイクロバブルを船体外板外で直接発生させる直接発生法、または船内でマイクロバブルが含まれる気液混合流体を生成後に気液混合流体を船体外板外に放出する気液混合流体法を利用することを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、バブルを発生させるためのブロワー等を大容量化させずに機器購入コストを抑制することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 7 記載に対応したマイクロバブル発生装置においては、直接発生法によるマイクロバブルの発生は、船体外板の表面に直接に電極を形成し、電極に電力を印加することによって船体外板に接している水又は海水を直接電気分解することより発生する気体を利用することを特徴とする。

請求項 7 に記載の本発明によれば、マイクロバブルをより効率的に発生させることができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 8 記載に対応したミリバブル発生装置においては、使用する気体は、空気又は主機の排ガスから回収した二酸化炭素を用いることを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、ミリバブルをより効率的に発生させることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明の摩擦抵抗低減装置を備えた船舶によれば、マイクロバブルの拡散をミリバブルで抑制することにより、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果を下流の広い範囲にわたって境界層内に維持することができる。また、マイクロバブルとミリバブルを併用することで、気泡発生動力を抑制して正味の省エネ効果を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

また、ミリバブル発生装置およびマイクロバブル発生装置を1セット以上具備した場合には、より広範囲にわたって境界層内にマイクロバブルを留めやすくできる。

【 0 0 1 5 】

また、ミリバブル発生装置から発生させるミリバブルの発生量と発生周波数、およびマイクロバブル発生装置から発生させるマイクロバブルの発生量と発生周波数を制御する場合には、従来のように連続的にバブルを発生させる場合よりも高い摩擦低減効果を得ることができる。

【 0 0 1 6 】

また、ミリバブル発生装置およびマイクロバブル発生装置は船舶が停船中、旋回中、及び船舶の動揺の大きさが設定された閾値を超える場合の少なくともいずれか一つの場合にミリバブル発生装置から発生させるミリバブルの発生とマイクロバブル発生装置から発生させるマイクロバブルの発生を自動的に停止させる場合には、摩擦抵抗低減効果が殆ど見込めない場合にミリバブルとマイクロバブルの発生を自動的に停止させることで、気泡発生動力の無駄遣いを抑制することができる。

【 0 0 1 7 】

また、ミリバブル発生装置は船体外板外に気体を放出することにより、放出した気体が水流により自然と微細化してミリバブルとなる場合には、ミリバブルを簡易かつ効率的に発生させることができる。

【 0 0 1 8 】

また、マイクロバブル発生装置はマイクロバブルを船体外板外で直接発生させる直接発生法、または船内でマイクロバブルが含まれる気液混合流体を生成後に気液混合流体を船体外板外に放出する気液混合流体法を利用する場合には、バブルを発生させるためのブロー等を大容量化させずに機器購入コストを抑制することができる。

【 0 0 1 9 】

また、本発明のマイクロバブル発生装置によれば、マイクロバブルをより効率的に発生させることができる。

【 0 0 2 0 】

また、本発明のミリバブル発生装置によれば、ミリバブルをより効率的に発生させることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の実施形態による摩擦抵抗低減装置を備えた船舶におけるバブル発生装置による高速流でのバブル層の形成状態を示す概念図

【 図 2 】 同バブル発生装置の配置例を示す図

【 図 3 】 船底を流れる気泡流の様子を示す図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

本発明の実施形態による摩擦抵抗低減装置を備えた船舶、及びバブル発生装置について説明する。

図 1 は摩擦抵抗低減装置を備えた船舶におけるバブル発生装置による高速流でのバブル層の形成状態を示す概念図、図 2 はバブル発生装置の配置例を示す図である。

摩擦抵抗の低減を目的として船舶に備えられる摩擦抵抗低減装置は、気泡径が 100 マイクロメートル以上のミリバブルを発生するミリバブル発生装置 10 と、気泡径が 100 マイクロメートル未満のマイクロバブルを発生するマイクロバブル発生装置 20 と、ミリバブル発生装置 10 及びマイクロバブル発生装置 20 を制御する制御装置 30 を有する。なお、ミリバブルは 1000 マイクロメートル以上、マイクロバブルは気泡径が小さく浮力の小さな 50 マイクロメートル以下の気泡径を有することがより好ましい。

ミリバブル発生装置 10 は船首部船底の船体外板 1 に設けられ、マイクロバブル発生装置 20 はミリバブル発生装置 10 から発生されるミリバブル拡散範囲内の下流側に設けら

10

20

30

40

50

れる。また、船体外板 1 に沿って流れる船首部船底の流線に沿ってミリバブル発生装置 10 の下流側にマイクロバブル発生装置 20 を設けることが好ましい。なお、船首部に設けられるマイクロバブル発生装置 20 よりも下流側に設けられるミリバブル発生装置 10 は、船体の長さの半分から前方に位置することが好ましく、船体の長さの $1/3$ から前方に位置することがさらに好ましい。

これによって図 1 に示すように、上流側で発生させたミリバブルの層により船体外板 1 近くのマイクロバブルの層が抱え込まれる。なお、抱え込むとは、船体外板 1 とミリバブルの層がマイクロバブルの層をサンドイッチ状に抑え込むこと、及びマイクロバブルの層の両端部にもミリバブルの層が存在し、両端部も含めてミリバブルが介在することの双方を含むことをいう。

船底を流れるミリバブルの層と船底外板の壁面近くの粘性の影響を強く受ける粘性底層にマイクロバブルの層を形成することで、気泡浮力の影響が小さく拡散しやすいマイクロバブルはミリバブルよりも空間自由度が低下し、かつ遷移層においてミリバブルが乱流の乱れも低減するためマイクロバブルの拡散効果も小さくなる。そのためマイクロバブルの拡散がミリバブルで抑制され、船体外板 1 の表面のうち水中に没する部分に形成される境界層内にマイクロバブルが長く留まり拡散せず、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果を下流の広い範囲にわたって境界層内に維持することができる。また、マイクロバブルとミリバブルを併用することで、気泡発生動力を抑制して正味の省エネ効果を向上させることができる。

【0023】

船舶には、ミリバブル発生装置 10 とマイクロバブル発生装置 20 のセットを、1 セット以上設けることが好ましい。これにより、より広範囲にわたって境界層内にマイクロバブルを留めやすくできる。また、一つのミリバブル発生装置 10 に対して下流側のマイクロバブル発生装置 20 を複数個設けたり、ミリバブルの層とマイクロバブルの層の端部にマイクロバブルの拡散を防止する観点からミリバブルを流すミリバブル発生装置 10 を別に設けるなど、ミリバブル発生装置 10 とマイクロバブル発生装置の組み合わせは自由にできる。

例えば、図 2 (a) に示す配置例では、1 個のミリバブル発生装置 10 と 1 個のマイクロバブル 20 とからなる 1 対 1 のセットを一つと、1 個のミリバブル発生装置 10 と 2 個のマイクロバブル 20 とからなる 1 対 2 のセットを二つ設けている。また、図 2 (b) に示す配置例では、当該 1 対 1 のセットを二つと、当該 1 対 2 のセットを一つ設けている。また、図 2 (c) に示す配置例では、当該 1 対 1 のセットを三つ設けている。なお、図 2 においては、当該 1 対 1 のセットを丸で囲んで示している。

【0024】

ミリバブル発生装置 10 は、船体外板 1 の外に気体を放出し、放出した気体を水流により自然と微細化させることによりミリバブルを生成する構成としている。これにより、ミリバブルを簡易かつ効率的に発生させることができる。

ミリバブル発生装置 10 から放出する気体には、空気、又は主機の排ガスから回収した二酸化炭素を用いることが好ましい。これにより、ミリバブルをより効率的に発生させることができる。なお、この他ミリバブル発生装置 10 から放出する気体としては、水又は海水を分解して生成される酸素や水素を使用することもできる。

また、ブローヤやコンプレッサを用いて船体外板 1 の外に気体を放出する際は、船体のペイントダメージを少なくするため、水素やアンモニア等の低温熱源を利用する冷却装置により気体を冷却することが好ましい。

【0025】

マイクロバブル発生装置 20 が発生させるマイクロバブルは、船体外板 1 の表面の極近傍におけるボイド率の低い領域に投入する。

マイクロバブル発生装置 20 は、マイクロバブルを船体外板 1 の外で直接発生させる直接発生法か、又は船内でマイクロバブルが含まれる気液混合流体を生成した後に、その気液混合流体を船体外板 1 の外に放出する気液混合流体法を利用する構成としている。これ

10

20

30

40

50

により、バブルを発生させるためのブロー等大容量化させずに機器購入コストを抑制することができる。

直接発生法を利用してマイクロバブルを発生させる場合は、船体外板 1 の表面に直接に電極を形成し、電極に電力を印加することによって船体外板 1 に接している水又は海水を直接電気分解することより発生する気体を利用することが好ましい。このような電気分解法を用いることで、マイクロバブルをより効率的に発生させることができる。

また、気液混合流体法を利用してマイクロバブルを発生させる場合において、マイクロバブル発生装置 20 で使用する気体には、空気、主機の排ガスから回収した二酸化炭素、又は水や海水を分解して生成される酸素や水素等を用いることができる。

【0026】

10

図 3 は船底を流れる気泡流の様子を示す図であり、図 3 (a) はバブルを連続的に発生させる従来例のもの、図 3 (b) はバブルの発生量及び周波数を制御する本実施例のものである。

制御装置 30 は、ミリバブル発生装置 10 から発生させるミリバブルの発生量及び発生周波数の制御と、マイクロバブル発生装置 20 から発生させるマイクロバブルの発生量及び発生周波数の制御を行う。

ミリバブル及びマイクロバブルの発生量及び周波数を例えば船速に応じて制御することで、従来のように連続的にバブルを発生させる場合よりも高い摩擦低減効果を得ることができる。

【0027】

20

また、制御装置 30 は、船舶が停船中、旋回中、又は船舶の動揺の大きさが設定された閾値を超える場合は、ミリバブル発生装置 10 からのミリバブルの発生とマイクロバブル発生装置 20 からのマイクロバブルの発生を停止させる。

船舶が停船中、旋回中、又は船舶の動揺の大きさが設定された閾値を超える場合は船底に気泡を流すことによる摩擦抵抗低減効果が殆ど見込めないため、このような場合にミリバブル発生装置 10 から発生させるミリバブルの発生とマイクロバブル発生装置 20 から発生させるマイクロバブルの発生を自動的に停止させることで、気泡発生動力の無駄遣いを抑制することができる。

【産業上の利用可能性】

【0028】

30

ミリバブルとマイクロバブルという異なるスケールの気泡を用いる本発明（マルチスケールバブル法）は、現行の空気潤滑法（ALM）よりも高い摩擦抵抗低減効果を得られるため、例えば GHG ゼロエミッション船等への展開が見込まれる。

【符号の説明】

【0029】

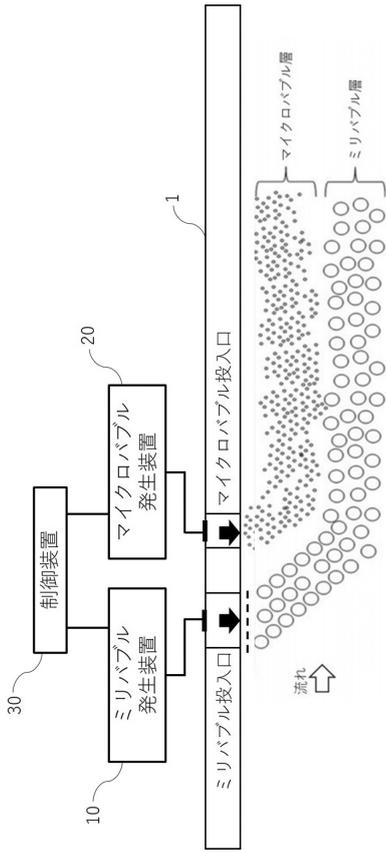
- 1 船体外板
- 10 ミリバブル発生装置
- 20 マイクロバブル発生装置
- 30 制御部

40

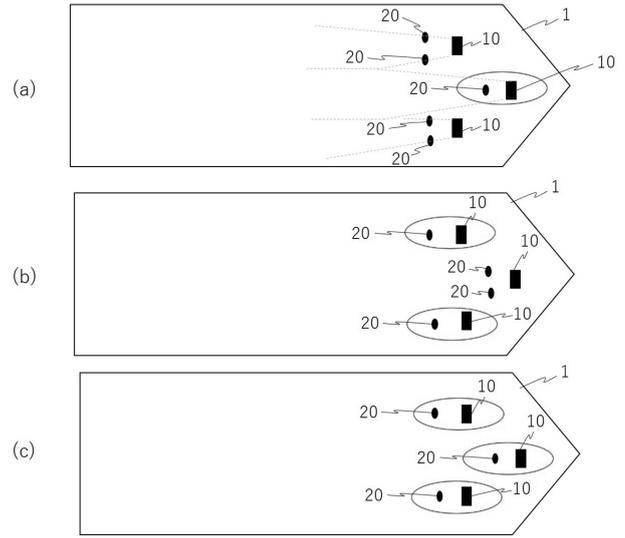
50

【 図 面 】

【 図 1 】



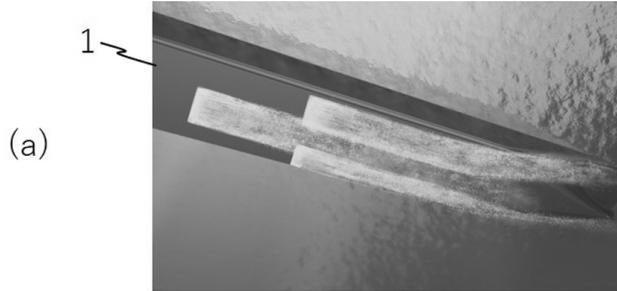
【 図 2 】



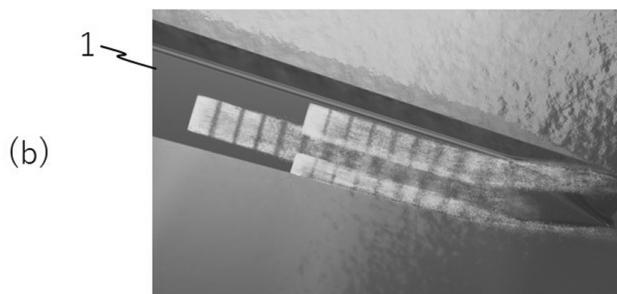
10

20

【 図 3 】



30



40

50

フロントページの続き

研究所内