

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月17日(17.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/087939 A1

- (51) 国際特許分類:
F41H 13/00 (2006.01) *B63G 13/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005219
- (22) 国際出願日: 2017年2月14日(14.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-218229 2016年11月8日(08.11.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 西方 伸吾 (NISHIKATA Shingo);
〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 池淵 博 (IKEBUCHI Hiroshi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 秦 幸人 (HATA Yukito); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 荒木 祐一 (ARAKI Yuichi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

濱本 浩一 (HAMAMOTO Koichi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 森岡 朋也 (MORIOKA Tomoya); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 落合 敦司 (OCHIAI Atsushi); 〒1070052 東京都港区赤坂八丁目5番26号 赤坂DSビル株式会社メイテック内 Tokyo (JP).

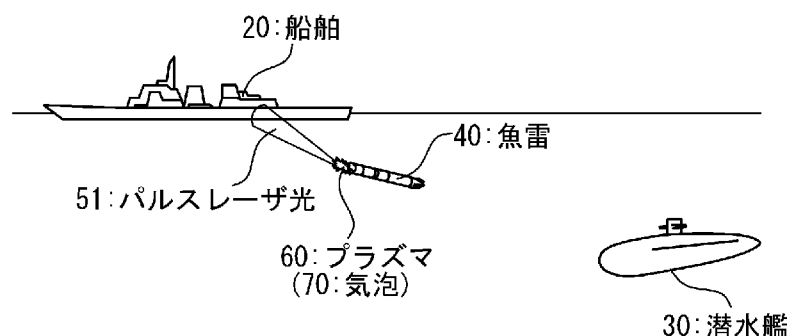
(74) 代理人: 工藤 実 (KUDOH Minoru); 〒1400013 東京都品川区南大井六丁目20番8号9階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: UNDERWATER OBJECT DESTRUCTION SYSTEM AND UNDERWATER OBJECT DESTRUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 水中物体破壊システムおよび水中物体破壊方法

[図6C]



20... SHIP
30... SUBMARINE
40... TORPEDO
51... PULSE LASER
60... PLASMA
70... BUBBLES

(57) Abstract: The present invention generates bubbles or plasma by focusing a laser beam at a target object at close range underwater. Thus, the target object is efficiently destroyed by bombardment from the bubbles or plasma.

(57) 要約: レーザ光を水中の目標物体の至近に集光して気泡またはプラズマが発生される。気泡またはプラズマによる衝撃によって目標物体が効率よく破壊される。

[続葉有]

WO 2018/087939 A1

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

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

明 細 書

発明の名称：水中物体破壊システムおよび水中物体破壊方法

技術分野

[0001] 本発明は水中物体破壊システムおよび水中物体破壊方法に関し、例えば、レーザ光を用いる水中物体破壊システムおよび水中物体破壊方法に好適に利用できるものである。

背景技術

[0002] 水中の主な攻撃手段として、魚雷が知られている。魚雷は、炸薬の爆発による衝撃波や、バブルジェットによる破壊を行う。これらの威力は総じて高く、潜水艦のみならず水上艦にとっても大きな脅威となっている。

[0003] 魚雷の多くは、目標の音源を探知して追尾する。そこで、魚雷から防御するために、音源の欺瞞や、デコイによる回避を企図する多くの防御システムが研究開発されている。このように、魚雷の直接的な破壊を狙う防御システムは少ない。

[0004] その一方で、高出力レーザ光を用いる破壊装置の研究開発が各国でなされている。これは、高出力のレーザ光を大気中に伝搬させて目標に照射し、遠隔で目標を破壊するものである。

[0005] 上記に関連して、特許文献１（米国特許公開公報第２００３／０１２７５５８号）には、レーザ光による脅威および水中物体を検出し、また、これらに対抗するために水中移動体で用いるシステムに係る記載が開示されている。このシステムは、レーザ光検出手段と、レーザ光警告受信機と、信号プロセッサとを備える。ここで、レーザ光検出手段は、水中移動体の表面に配置されるように構成されたレーザ光を検出する。レーザ光警告受信機および信号プロセッサは、レーザ光検出手段に接続されており、レーザ光検出手段を制御する。

[0006] しかしながら、通常のレーザ光は水中では大きく減衰する。したがって、特許文献１のように、レーザ光を水中の魚雷に向けて直接照射してこれを破

壊することは、困難である。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：米国特許公開公報第2003/0127558号

発明の概要

[0008] レーザ光を用いて水中物体を効率よく破壊するシステムおよび方法を提供する。その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

[0009] 一実施の形態によれば、水中物体破壊システムは、探知装置などの外部装置と、レーザ発振器と、照射光学系と、制御装置とを備える。

[0010] ここで、探知装置は、水中の目標物体を探知する。レーザ発振器は、レーザ光を生成する。照射光学系は、レーザ発振器により生成されたレーザ光の方向と集光位置を定める。制御装置は、レーザ光を所定の集光位置に向けて水中に集光して気泡またはプラズマを発生させるように探知された目標物体に関連して定まる水中の目標位置にレーザ光が集光されて気泡またはプラズマが発生するようにレーザ発振器および照射光学系を制御する。水中物体破壊システムは、気泡またはプラズマによる衝撃で目標物体を破壊する。

[0011] 一実施形態によれば、水中物体破壊方法は、水中の目標物体を探知することと、探知した目標物体に関連して定まる目標位置にレーザ光を集光して気泡またはプラズマを水中に発生させることと、気泡またはプラズマによる衝撃で目標物体を破壊することを含む。

[0012] 一実施の形態によれば、レーザ光を水中の目標物体に関連して定まる目標位置に集光して気泡またはプラズマを発生させ、気泡またはプラズマによる衝撃によって目標物体を効率よく破壊することが出来る。

図面の簡単な説明

[0013] [図1A]図1Aは、魚雷によるバブルジェットを用いた破壊方法の第1段階を示す図である。

[図1B]図 1 B は、魚雷によるバブルジェットを用いた破壊方法の第 2 段階を示す図である。

[図1C]図 1 C は、魚雷によるバブルジェットを用いた破壊方法の第 3 段階を示す図である。

[図1D]図 1 D は、魚雷によるバブルジェットを用いた破壊方法の第 4 段階を示す図である。

[図2]図 2 は、魚雷による攻撃を避ける方法の例を示す図である。

[図3]図 3 は、高出力レーザ光照射装置の一構成例を示す図である。

[図4]図 4 は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムの一構成例を示すブロック回路図である。

[図5]図 5 は、第 1 実施形態による水中物体破壊方法の一例を示すフローチャートである。

[図6A]図 6 A は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムが目標物体を探知する状態の一例を示す図である。

[図6B]図 6 B は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムがレーザ光を照射する状態の一例を示す図である。

[図6C]図 6 C は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムがレーザ光によって発生したプラズマまたは気泡の至近に目標物体が接近した状態の一例を示す図である。（別紙 3、右上図その 1）

[図6D]図 6 D は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムが目標物体をプラズマによる衝撃で破壊する状態の一例を示す図である。

[図6E]図 6 E は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムが目標物体を気泡によるバブルジェットで破壊する状態の一例を示す図である。

[図7A]図 7 A は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムが複数のレーザ光を照射する状態一例を示す図である。

[図7B]図 7 B は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムが、複数のレーザ光を照射して、複数の気泡または複数のプラズマを発生させている状態の一例を示す図である。

[図8A]図8 Aは、第1実施形態による水中物体破壊システムにおいて、潜水艦がレーザ光を水中から照射する場合の一構成例を示す図である。

[図8B]図8 Bは、第1実施形態による水中物体破壊システムにおいて、船舶がレーザ光を水中から照射する場合の一構成例を示す図である。

[図8C]図8 Cは、第1実施形態による水中物体破壊システムにおいて、船舶がレーザ光を空中から照射する場合の一構成例を示す図である。

[図8D]図8 Dは、第1実施形態による水中物体破壊システムにおいて、航空機がレーザ光を空中から照射する場合の一構成例を示す図である。

[図9]図9は、第2実施形態による水中物体破壊システムの一構成例を示すブロック回路図である。

[図10]図10は、第2実施形態による水中物体破壊方法の一例を示すフローチャートである。

[図11A]図11 Aは、第2実施形態による水中物体破壊システムが連続波レーザ光を照射する状態を示す図である。

[図11B]図11 Bは、第2実施形態による水中物体破壊システムが連続波レーザ光を照射し続ける最中に目標物体が接近する状態を示す図である。

[図11C]図11 Cは、第2実施形態による水中物体破壊システムが持続的に照射する連続波レーザ光によって生じる気泡によって目標物体が破壊される状態を示す図である。

[図12A]図12 Aは、第3実施形態による水中物体破壊システムの第1構成例を示すブロック回路図である。

[図12B]図12 Bは、第3実施形態による水中物体破壊システムの第2構成例を示すブロック回路図である。

[図12C]図12 Cは、第3実施形態による水中物体破壊システムの第3構成例を示すブロック回路図である。

[図12D]図12 Dは、第3実施形態による水中物体破壊システムの第5構成例を示すブロック回路図である。

[図13]図13は、第4実施形態による水中物体破壊システムの一構成例を示

すブロック回路図である。

[図14]図14は、第4実施形態による水中物体破壊方法の一例を示すフローチャートである。

[図15A]図15Aは、第4実施形態による水中物体破壊システムがレーザ光を照射する状態の一例を示す図である。

[図15B]図15Bは、第4実施形態による水中物体破壊システムが照射したレーザ光が想定より近距離に集光されたことを検知した状態の一例を示す図である。

[図15C]図15Cは、第4実施形態による水中物体破壊システムが照射したレーザ光が集光されずに衝撃波が発生しなかったことを検知した状態の一例を示す図である。

[図15D]図15Dは、第4実施形態による水中物体破壊システムがフィードバック制御によって再度レーザ光を照射する状態の一例を示す図である。

[図16]図16は、第5実施形態による水中物体破壊システムの一構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 添付図面を参照して、本発明による水中物体破壊システム1および水中物体破壊方法を実施するための形態を以下に説明する。

[0015] まず、図1A～図1Dを参照して、前述したバブルジェットについてより詳細に説明する。図1Aは、魚雷40によるバブルジェット204を用いた破壊方法の第1段階を示す図である。魚雷40が備える炸薬が船舶100の至近距離で爆発すると、水中に気泡201が生じる。

[0016] 図1Bは、魚雷40によるバブルジェット204を用いた破壊方法の第2段階を示す図である。気泡201は、内部の気圧と、外部の水圧との相互作用によって、膨張および収縮を繰り返す。この現象は、バブルパルスと呼ばれる。

[0017] 図1Cは、魚雷40によるバブルジェット204を用いた破壊方法の第3段階を示す図である。気泡201が収縮するときに、船舶100の船底など

の構造物が気泡 201 の付近に存在すると、気泡 201 の構造物側の表面と、その反対側の表面との間で、圧力差が発生する。その結果、反対側の表面から構造物側の表面に向かって気泡 201 がへこみ、水流 203 が発生する。

[0018] 図 1 D は、魚雷 40 によるバブルジェット 204 を用いた破壊方法の第 4 段階を示す図である。この水流 203 がバブルジェット 204 となり、船舶 100 などの構造物を破壊する大きな力を発揮する。なお、このバブルジェット 204 の威力は、炸薬の爆発による衝撃波 202 よりも強いことが多い。

[0019] 次に、前述の魚雷から防御する方法の一例について説明する。図 2 は、魚雷 40 による攻撃を避ける方法の例を示す図である。潜水艦 30 などから発射される魚雷 40 は、船舶 20 などの目標に向かって移動する際、目標の音を検知して、検知した音に向かって移動する。そこで、目標とされた船舶 20 は、自身から離れた位置から音を発信することで、潜水艦 30 や魚雷 40 を欺瞞する。ここで、船舶 20 は、曳航式デコイ 21 や、自走式デコイ 22 から音を発信しても良い。音源を欺瞞された結果、魚雷 40 はデコイに向かって移動し、目標とされた船舶 20 は魚雷 40 の脅威を回避することが出来る。

[0020] 次に、前述の高出力レーザ光を用いる破壊装置の一例について説明する。図 3 は、高出力レーザ光照射装置の一構成例を示す図である。図 3 の例では、高出力レーザ照射装置 300 が出力する高出力レーザ光 303 を目標 400 に照射する。高出力レーザ照射装置 300 は、高出力レーザ発振器 301 を用いて高出力レーザ光 303 を生成し、照射光学系 302 を用いて高出力レーザ光 303 の照射方向を目標 400 に向けて設定する。目標 400 の、高出力レーザ光 303 が照射されている部分を、便宜上、被照射部分 401 と呼ぶ。高出力レーザ光 303 が照射された結果、目標 400 はその一部または全てが破壊される。

[0021] このような高出力レーザ光 303 は、伝搬する距離に応じてその強度が減

衰する。それでも、このような高出力レーザ照射装置 300 は、空中を伝搬する場合は数キロメートル程度離れた距離から目標 400 を破壊することが可能である。しかしながら、水中を伝搬する場合は、空中を伝搬する場合よりもさらに減衰してしまう。そこで、以下に説明する実施形態では、レーザ光を水中に集光し、水を沸騰させて気泡を発生させる。この気泡を魚雷 40 などの水中物体に関連して定まる目標位置で発生させることでバブルジェットが発生し、このバブルジェットによって水中物体を破壊する。または、レーザ光を水中に集光し、プラズマを発生させる。このプラズマを魚雷 40 などの水中物体に関連して定まる目標位置に、即ち、水中物体に基づいて発生させることで、プラズマの発生に伴う衝撃波によって水中物体を破壊する。この場合、照射側から例えば 20 メートル以内の範囲や、またはさらにその遠方でも、水中を伝搬して減衰した後でも集光位置で気泡またはプラズマを発生させられる。

[0022] (第 1 の実施形態)

図 4 は、第 1 実施形態による水中物体破壊システム 1 の一構成例を示すブロック回路図である。図 4 に示した水中物体破壊システム 1 の構成要素について説明する。図 4 の水中物体破壊システム 1 は、外部システム 12 と、制御装置 13 と、パルスレーザ発振器 14 A と、照射光学系 18 A とを備えている。外部システム 12 は、例えば、船舶 20 に設けられた艦船管制システムであって、魚雷 40 などの水中物体の存在を探知するためのソナーなどを備えていることが望ましい。制御装置 13 は、信号の送受信を行う入出力インタフェースと、プログラムやデータなどを格納するメモリと、メモリ上のプログラムを実行して信号を生成する CPU (Central Processing Unit : 中央演算装置) とを備える計算機であっても良い。照射光学系 18 A は、照射方向および焦点距離を調整するために、レンズや反射鏡などの光学装置と、レンズの位置や反射鏡の角度などを調整する駆動装置とを備えることが望ましい。外部システム 12 と、制御装置 13 と、パルスレーザ発振器 14 A と、照射光学系 18 A とは、その全てが図示しない

船舶 20 などに設けられていても良いし、その一部が船舶 20 に、残りがデコイや航空機など他の場所に設けられていても良い。

[0023] 図 4 の各構成要素の接続関係について説明する。電氣的な接続関係に注目すると、外部システム 12 の後段には、制御装置 13 が接続されている。制御装置の後段には、パルスレーザ発振器 14 A と、照射光学系 18 A とが接続されている。ここで、電氣的な接続関係は、有線で実現されていても良いし、無線で実現されていても良い。光学的な接続関係に注目すると、照射光学系 18 A は、パルスレーザ発振器 14 A の後段に配置されている。なお、光学的な接続関係は、図示しないミラー、レンズ、ビームスプリッタなどの光学部品を適宜に用いて仲介しても良いことは言うまでもない。

[0024] 図 4 の水中物体破壊システム 1 の動作、すなわち本実施形態による水中物体破壊方法について、図 5 および図 6 A ～図 6 E を参照して説明する。図 5 は、第 1 実施形態による水中物体破壊方法の一例を示すフローチャートである。図 5 のフローチャートは、第 0 ステップ S 100 ～第 5 ステップ S 105 の、合計 6 のステップを含んでいる。図 5 のフローチャートは、第 0 ステップ S 100 から開始する。第 0 ステップ S 100 の次には、第 1 ステップ S 101 が実行される。

[0025] 第 1 ステップ S 101 において、水中物体破壊システム 1 は、目標物体 40 を探知する。より具体的には、外部システム 12 が、目標物体 40 が発射される際に発する発射音 31 や、目標物体 40 が水中を航行する際に発する航行音や、その他のあらゆる音などを検知して、水中の目標物体 40 としての魚雷などの位置や、移動方向や、移動速度などを探知する。図 6 A は、第 1 実施形態による水中物体破壊システム 1 が魚雷などの目標物体 40 を探知する状態の一例を示す図である。目標物体 40 が検知された場合、第 1 ステップ S 101 の次には、第 2 ステップ S 102 が実行される。

[0026] 第 2 ステップ S 102 において、水中物体破壊システム 1 は、目標物体 40 の速度と方向等に基づいて定まる目標位置に集光するようにパルスレーザ光 51 を照射する。より具体的には、外部システム 12 が、目標物体 40 を

検知した結果を示す検知信号 1 2 1 を生成する。外部システム 1 2 は、生成した検知信号 1 2 1 を制御装置 1 3 に向けて送信する。制御装置 1 3 は、送信された検知信号 1 2 1 を受信する。

[0027] 制御装置 1 3 は、受信した検知信号 1 2 1 に応じて、パルスレーザの発振を制御するための発振制御信号 1 3 1 A を生成する。制御装置 1 3 は、生成した発振制御信号 1 3 1 A を、パルスレーザ発振器 1 4 A に向けて送信する。パルスレーザ発振器 1 4 A は、送信された発振制御信号 1 3 1 A を受信する。

[0028] パルスレーザ発振器 1 4 A は、受信した発振制御信号 1 3 1 A に応じて、パルスレーザを発振し、パルスレーザ光 5 1 を出射する。照射光学系 1 8 A は、出射されたパルスレーザ光 5 1 を受光する。

[0029] 制御装置 1 3 は、受信した検知信号 1 2 1 に応じて、パルスレーザ光 5 1 を照射する方向を制御し、かつ、照射されたパルスレーザ光 5 1 が集光する位置を制御するための、照射方向制御信号 1 3 4 A を生成する。制御装置 1 3 は、生成した照射方向制御信号 1 3 4 A を、照射光学系 1 8 A に向けて送信する。照射光学系 1 8 A は、送信された照射方向制御信号 1 3 4 A を受信する。

[0030] 照射光学系 1 8 A は、受信した照射方向制御信号 1 3 4 A に応じて、パルスレーザ光 5 1 を照射する方向を調整し、かつ、照射したパルスレーザ光 5 1 が集光する焦点距離を調整する。照射光学系 1 8 A は、受光したパルスレーザ光 5 1 を、調整した方向に向けて、かつ、調整した焦点距離で集光するように、照射する。第 2 ステップ S 1 0 2 の次には、第 3 ステップ S 1 0 3 が実行される。

[0031] 第 3 ステップ S 1 0 3 において、照射されたレーザ光によって水中に気泡 7 0 またはプラズマ 6 0 が発生する。より具体的には、照射されたパルスレーザ光 5 1 は、調整された位置に集光する。集光したパルスレーザ光 5 1 によって、周囲の水が沸騰し、気泡 7 0 が発生する。または、集光したパルスレーザ光 5 1 によって周囲の水がプラズマ化し、プラズマ 6 0 が発生する。

図6Bは、第1実施形態による水中物体破壊システム1がレーザ光を照射する状態の一例を示す図である。第3ステップS103の次には、第4ステップS104が実行される。

[0032] 第4ステップS104において、気泡70によって発生するバブルジェット71またはプラズマ60によって発生する衝撃波61で目標物体40を破壊する。より具体的には、パルスレーザ光51によって水中に気泡70が発生し、この気泡70の至近距離に目標物体40があったり、この気泡70に目標物体40が接近したりした場合に、バブルジェット71が発生し、発生したバブルジェット71が目標物体40を破壊する。または、パルスレーザ光51によって水中にプラズマ60が発生し、このプラズマ60の至近距離に目標物体40があったり、このプラズマ60に目標物体40が接近したりした場合に、プラズマ60によって発生する衝撃波61が目標物体40を破壊する。図6Cは、第1実施形態による水中物体破壊システム1がレーザ光によって発生したプラズマ60または気泡70から至近距離に目標物体40が接近した状態の一例を示す図である。図6Dは、第1実施形態による水中物体破壊システム1が目標物体40を気泡70によるバブルジェット71で破壊する状態の一例を示す図である。図6Eは、第1実施形態による水中物体破壊システム1が目標物体40をプラズマ60による衝撃波61で破壊する状態の一例を示す図である。第4ステップS104の次には、第5ステップS105が実行されて、図5のフローチャートは終了する。

[0033] レーザ光の集光位置の観点から、本実施形態の変形例について説明する。本実施形態による水中物体破壊システム1は、例えば、複数のパルスレーザ発振器14Aを備えていても良い。この場合、水中物体破壊システム1は、一度に複数のパルスレーザ光51を照射し、かつ、それぞれ異なる位置に集光させて、一度に複数の気泡70またはプラズマ60を発生させることが可能となる。または、単独のパルスレーザ発振器14Aでパルスレーザ光51を、短い間隔で断続的に照射し、かつ、それぞれ異なる位置に集光させて、連続的に複数の気泡70またはプラズマ60を発生させても良い。図7Aは

、第1実施形態による水中物体破壊システム1が複数のレーザ光を照射する状態一例を示す図である。

[0034] 本実施形態の別の構成例について説明する。本実施形態による水中物体破壊システム1は、上記に説明したとおり、複数のパルスレーザ光51を、一度に、または連続的に照射することで、複数の気泡70またはプラズマ60を、壁または網のように並べて発生させることが可能である。図7Bは、第1実施形態による水中物体破壊システム1が複数のレーザ光を照射して、複数の気泡70または複数のプラズマ60を発生させている状態の一例を示す図である。複数の気泡70または複数のプラズマ60の間隔を、魚雷などの目標物体40の寸法に対して十分小さく調整することによって、目標物体40を精度よく待ち受けて破壊することが可能となる。

[0035] レーザ光の照射位置の観点から、本実施形態の他の構成例について説明する。本実施形態による水中物体破壊システム1は、例えば、潜水艦23に搭載することが可能である。この場合、パルスレーザ光51は、水中から照射されることになる。図8Aは、第1実施形態による水中物体破壊システム1において、潜水艦23がレーザ光を水中から照射する場合の一構成例を示す図である。

[0036] 本実施形態の別の構成例について説明する。本実施形態による水中物体破壊システム1は、例えば、船舶20に搭載することが可能である。この場合、パルスレーザ光51は、水中から照射することも、水上から照射することも可能である。図8Bは、第1実施形態による水中物体破壊システム1において、船舶20がレーザ光を水中から照射する場合の一構成例を示す図である。図8Cは、第1実施形態による水中物体破壊システム1において、船舶20がレーザ光を空中から照射する場合の一構成例を示す図である。なお、前述のとおり、レーザ光の減衰は水中を伝搬する場合よりも空中を伝搬する場合の方が少ないので、空中から照射した方がパルスレーザ光51または連続波レーザ光52をより遠方に集光することが可能である。

[0037] 本実施形態のさらに別の構成例について説明する。本実施形態による水中

物体破壊システム 1 は、航空機に搭載することが可能である。この場合、パルスレーザ光 5 1 は、空中から照射することになる。図 8 D は、第 1 実施形態による水中物体破壊システムにおいて、航空機 2 4 がレーザ光を空中から照射する場合の一構成例を示す図である。水中物体破壊システム 1 を航空機 2 4 に搭載することによって、例えば、目標物体 4 0 としての魚雷などから防御したい対象である船舶 2 0 の遠方で、目標物体 4 0 の予測進路 4 1 上にパルスレーザ光 5 1 の集光点を設定することで、防御対象をより確実に防御することが可能となる。

[0038] 以上に説明したように、本実施形態の水中物体破壊システム 1 および水中物体破壊方法によれば、魚雷 4 0 などの水中物体による脅威を破壊して回避することが可能である。なお、パルスレーザは瞬間的な出力が大きいので、照射してから気泡 7 0 またはプラズマ 6 0 が発生するまでのタイムラグがナノ秒オーダーに抑えられる。また、パルスレーザは出力の時間平均が小さいので、脅威となる水中物体を破壊するために必要な電力を小さく抑えることが出来る。

[0039] (第 2 実施形態)

図 9 は、第 2 実施形態による水中物体破壊システム 1 の一構成例を示すブロック回路図である。図 9 に示した本実施形態による水中物体破壊システム 1 は、図 4 に示した第 1 実施形態による水中物体破壊システム 1 と比較して、以下の相違点を有する。すなわち、本実施形態では、第 1 実施形態で用いたパルスレーザ光 5 1 に変わって、連続波レーザ光 5 2 を用いる。

[0040] 具体的には、第 1 実施形態のパルスレーザ発振器 1 4 A および照射光学系 1 8 A を、図 9 に示した連続波レーザ発振器 1 4 B および照射光学系 1 8 B に、それぞれ置き換える。本実施形態による水中物体破壊システム 1 のその他の構成は、第 1 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0041] 本実施形態で用いる連続波レーザ光 5 2 は、第 1 実施形態のパルスレーザ光 5 1 と同様に、水中に集光することによって、気泡 7 0 を発生させること

が出来る。さらに、連続波レーザ光 5 2 は 間断なく照射することが可能であり、したがって、気泡 7 0 を 持続的に発生させることが出来る。ここで、連続波レーザ光 5 2 は、持続的に発生させながら集光位置を移動することで、単独の長い気泡 7 0 を発生させることが出来る。

[0042] 本実施形態による各構成要素の、連続波レーザ発振器 1 4 B および照射光学系 1 8 B に係る動作について説明する。図 1 0 は、第 2 実施形態による水中物体破壊方法の一例を示すフローチャートである。図 1 0 のフローチャートは、第 0 ステップ S 2 0 0 ~ 第 6 ステップ S 2 0 6 の、合計 7 のステップを含んでいる。図 1 0 のフローチャートは、第 0 ステップ S 2 0 0 から開始する。第 0 ステップ S 2 0 0 の次には、第 1 ステップ S 2 0 1 が実行される。

[0043] 第 1 ステップ S 2 0 1 において、水中物体破壊システム 1 は、目標物体 4 0 を探知する。本実施形態による第 1 ステップ S 2 0 1 は、第 1 実施形態による第 1 ステップ S 1 0 1 と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。第 1 ステップ S 2 0 1 の次には、第 2 ステップ S 2 0 2 が実行される。

[0044] 第 2 ステップ S 2 0 2 において、水中物体破壊システム 1 は、目標物体 4 0 に関連して定まる目標位置に集光するようにレーザ光を照射する。より具体的には、外部システム 1 2 が、目標物体 4 0 を検知した結果を示す検知信号 1 2 1 を生成する。外部システム 1 2 は、生成した検知信号 1 2 1 を制御装置 1 3 に向けて送信する。制御装置 1 3 は、送信された検知信号 1 2 1 を受信する。

[0045] 制御装置 1 3 は、受信した検知信号 1 2 1 に応じて、連続波レーザ光 5 2 の発振を制御するための発振制御信号 1 3 1 B を生成する。制御装置 1 3 は、生成した発振制御信号 1 3 1 B を、連続波レーザ発振器 1 4 B に向けて送信する。連続波レーザ発振器 1 4 B は、送信された発振制御信号 1 3 1 B を受信する。

[0046] 連続波レーザ発振器 1 4 B は、受信した発振制御信号 1 3 1 B に応じて、連続波レーザ光 5 2 を発振する。連続波レーザ発振器 1 4 B は、発振した連

続波レーザ光 5 2 を照射光学系 1 8 B に向けて出射する。照射光学系 1 8 B は、出射された連続波レーザ光 5 2 を受光する。

[0047] 制御装置 1 3 は、受信した検知信号 1 2 1 に応じて、連続波レーザ光 5 2 を照射する方向を制御し、かつ、照射された連続波レーザ光 5 2 が集光する位置を制御するための、照射方向制御信号 1 3 4 B を生成する。制御装置 1 3 は、生成した照射方向制御信号 1 3 4 B を、照射光学系 1 8 B に向けて送信する。照射光学系 1 8 B は、送信された照射方向制御信号 1 3 4 B を受信する。

[0048] 照射光学系 1 8 B は、受信した照射方向制御信号 1 3 4 B に応じて、連続波レーザ光 5 2 を照射する方向を調整し、かつ、照射した連続波レーザ光 5 2 が集光する焦点距離を調整する。照射光学系 1 8 B は、受光した連続波レーザ光 5 2 を、調整した方向に向けて、かつ、調整した焦点距離で集光するように、照射する。第 2 ステップ S 2 0 2 の次には、第 3 ステップ S 2 0 3 が実行される。

[0049] 第 3 ステップ S 2 0 3 において、照射された連続波レーザ光 5 2 によって水中に気泡 7 0 が発生する。より具体的には、照射された連続波レーザ光 5 2 は、調整された位置に集光する。集光した連続波レーザ光 5 2 によって、周囲の水が沸騰し、気泡 7 0 が発生する。ここで、連続波レーザ光 5 2 は持続的に照射され続け、気泡 7 0 も持続的に発生し続ける。図 1 1 A は、第 2 実施形態による水中物体破壊システム 1 が連続波レーザ光 5 2 を照射する状態の一例を示す図である。第 3 ステップ S 2 0 3 の次には、第 4 ステップ S 2 0 4 が実行される。

[0050] 第 4 ステップ S 2 0 4 において、目標物体 4 0 が気泡 7 0 に向かって接近する。図 1 1 B は、第 2 実施形態による水中物体破壊システム 1 が連続波レーザ光 5 2 を照射し続ける最中に目標物体 4 0 が接近する状態を示す図である。第 4 ステップ S 2 0 4 の次には、第 5 ステップ S 2 0 5 が実行される。

[0051] 第 5 ステップ S 2 0 5 において、気泡 7 0 によって発生するバブルジェット 7 1 で目標物体 4 0 を破壊する。より具体的には、連続波レーザ光 5 2 に

よって水中に気泡 70 が発生し、この気泡 70 に目標物体 40 が接近した結果、バブルジェット 71 が発生し、発生したバブルジェット 71 が目標物体 40 を破壊する。図 11C は、第 2 実施形態による水中物体破壊システム 1 が持続的に照射する連続波レーザ光 52 によって生じる気泡 70 によって目標物体 40 が破壊される状態を示す図である。第 5 ステップ S205 の次には、第 6 ステップ S206 が実行されて、図 10 のフローチャートは終了する。

[0052] 連続波レーザ光 52 は、集光位置を変えながら断続的に照射することで、複数の気泡 70 を発生することが出来る。この構成例は、図 7A に示した第 1 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0053] さらに、連続波レーザ光 52 は、気泡 70 が一定間隔で並ぶように照射することで、目標物体 40 を精度よく待ち構えることが出来る。この構成例は、図 7B に示した第 1 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0054] 連続波レーザ発振器 14B および照射光学系 18B は、図 8A～図 8D に示した第 1 実施形態の場合と同様に、潜水艦 23、船舶 20、航空機 24 などに搭載することが可能である。また、これらの場合には、連続波レーザ光 52 を、水中または空中から照射することが可能である。

[0055] 一般的に、連続波レーザ光 52 は、パルスレーザ光 51 と比較して、瞬間的な出力が低い。そのため、照射してから気泡 70 が発生するまでに数十ミリ秒乃至数百ミリ秒のオーダーのタイムラグがかかる。その一方で、気泡 70 を持続的に発生させることが可能であるので、魚雷などの目標物体 40 が移動する方向は精度よく検知できてもその移動速度までは精度よく検知できない場合に、目標物体 40 の破壊をより高い確率で実現出来る。

[0056] (第 3 実施形態)

第 3 実施形態では、第 1 実施形態で用いたパルスレーザ光 51 と、第 2 実施形態で用いた連続波レーザ光 52 とを併用することで、第 1 実施形態および第 2 実施形態の長所を両立する。ここで、パルスレーザ光 51 および連続

波レーザ光 5 2 は、切り替え動作によって片方ずつ照射しても良いし、両方を同時に照射しても良い。

[0057] (第 3 実施形態の第 1 構成例)

パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を片方ずつ照射する場合、本実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 1 構成例として、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 は、異なる発振器からそれぞれ発振し、かつ、異なる照射光学系からそれぞれ照射されても良い。図 1 2 A は、第 3 実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 1 構成例を示すブロック回路図である。図 1 2 A の水中物体破壊システム 1 は、制御装置 1 3 と、パルスレーザ発振器 1 4 A と、連続波レーザ発振器 1 4 B と、パルスレーザ用の照射光学系 1 8 A と、連続波レーザ用の照射光学系 1 8 B とを備える。

[0058] 図 1 2 A に示した第 3 実施形態の第 1 構成例は、図 4 に示した第 1 実施形態の場合と比較して、以下の相違点を有する。すなわち、連続波レーザ発振器 1 4 B および連続波レーザ用の照射光学系 1 8 B が追加されている。また、図 1 2 A に示した第 3 実施形態の第 1 構成例は、図 9 に示した第 2 実施形態の場合と比較して、以下の相違点を有する。すなわち、パルスレーザ発振器 1 4 A およびパルスレーザ用の照射光学系 1 8 A が追加されている。

[0059] 制御装置 1 3、パルスレーザ発振器 1 4 A およびパルスレーザ用の照射光学系 1 8 A の構成および接続関係については、第 1 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。制御装置 1 3、連続波レーザ発振器 1 4 B および連続波レーザ用の照射光学系 1 8 B の構成および接続関係については、第 2 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。制御装置 1 3 は、図示しない外部システム 1 2 から受信する検知信号 1 2 1 に応じて、パルスレーザ光 5 1 の発振を制御するための発振制御信号 1 3 1 A と、連続波レーザ光 5 2 の発振を制御するための発振制御信号 1 3 1 B とを、それぞれ適切なタイミングで生成出力することが望ましい。本実施形態の第 1 構成例による水中物体破壊システム 1 のその他の動作については、第 1 実施形態または第 2 実施形態の場合と同様であるので、さらな

る詳細な説明を省略する。

[0060] (第3実施形態の第2構成例)

パルスレーザ光51および連続波レーザ光52を片方ずつ照射する場合、本実施形態による水中物体破壊システム1の第2構成例として、パルスレーザ光51および連続波レーザ光52は、異なる発振器からそれぞれ発振し、かつ、補助的な光学系などによって同軸化されたのち、共通の照射光学系から照射されても良い。図12Bは、第3実施形態による水中物体破壊システム1の第2構成例を示すブロック回路図である。図12Bの水中物体破壊システム1は、制御装置13と、パルスレーザ発振器14Aと、連続波レーザ発振器14Bと、補助光学系としての反射鏡15と、切替装置16と、照射光学系18Cとを備える。図12Bの水中物体破壊システム1は、図4に示した第1実施形態の場合と比較して、以下の相違点を有する。すなわち、連続波レーザ発振器14Bおよび切替装置16が追加されている。ここで、切替装置16は、2つの受光口と、1つの出射口と、反射鏡15とは別の反射鏡と、この反射鏡の位置または角度を調整するための駆動装置とを備えることが望ましい。

[0061] 制御装置13およびパルスレーザ発振器14Aの構成および接続関係については、第1実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。制御装置13および連続波レーザ発振器14Bの構成および接続関係については、第2実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0062] 図12Bに示した各構成要素のその他の接続関係のうち、電氣的な接続関係に注目すると、切替装置16および照射光学系18Cは、それぞれ、制御装置13に接続されている。また、光学的な接続関係に注目すると、パルスレーザ発振器14Aの後段には切替装置16が配置されており、切替装置16の後段には照射光学系18Cが配置されている。さらに、連続波レーザ発振器14Bの後段にも、反射鏡15を介して、切替装置16が配置されている。なお、反射鏡15は、パルスレーザ発振器14Aおよび切替装置16の

間に配置されていても良い。

[0063] 第3実施形態の第2構成例の各構成要素の、反射鏡15、切替装置16および照射光学系18Cに係る動作について説明する。

[0064] 制御装置13が発振制御信号131Aを生成してからパルスレーザ発振器14Aがパルスレーザ光51を発振するまでの一連の動作については、第1実施形態の場合と同様である。また、制御装置13が発振制御信号131Bを生成してから連続波レーザ発振器14Bが連続波レーザ光52を発振するまでの一連動作については、第2実施形態の場合と同様である。切替装置16は、第1受光口ではパルスレーザ光51を受光し、第2受光口では連続波レーザ光52を、反射鏡15を介して、受光する。ここで、反射鏡15は、連続波レーザ光52を、連続波レーザ発振器14Bの出射口から、切替装置16の第2受光口へ導く。

[0065] 制御装置13は、パルスレーザ光51および連続波レーザ光52の切替を制御するための切替制御信号132を生成する。制御装置13は、生成した切替制御信号132を切替装置16に向けて送信する。切替装置16は、送信された切替制御信号132を受信する。切替装置16は、受信した切替制御信号132に応じて、駆動装置によって反射鏡の位置や角度などを調整する。こうすることで、切替装置16は、制御装置13の制御下で、第1状態と、第2状態とを切り替えることが出来る。すなわち、第1状態の切替装置16は、第1受光口から受光するパルスレーザ光51を出射口から選択的に出射する。また、第2状態の切替装置16は、第2受光口から受光する連続波レーザ光52を出射光から選択的に出射する。照射光学系18Cは、選択的に出射されたパルスレーザ光51または連続波レーザ光52を受光する。

[0066] 制御装置13は、照射光学系18Cがレーザ光を照射する方向を制御し、かつ、レーザ光が集光する位置を制御するための、照射方向制御信号134Cを生成する。制御装置13は、生成した照射方向制御信号134Cを、照射光学系18Cに向けて送信する。照射光学系18Cは、送信された照射方向制御信号134Cを受信する。照射光学系18Cは、受信した照射方向制

御信号 1 3 4 C に応じて、照射方向および焦点距離を調整する。照射光学系 1 8 C は、調整した照射方向に向けて、かつ、調整した焦点距離に集光するように、受光したパルスレーザ光 5 1 または連続波レーザ光 5 2 を照射する。

[0067] 制御装置 1 3 は、図示しない外部システム 1 2 から受信する検知信号 1 2 1 に応じて、発振制御信号 1 3 1 A と、発振制御信号 1 3 1 B と、切替制御信号 1 3 2 とを、それぞれ適切なタイミングで生成出力することが望ましい。本実施形態の第 2 構成例による水中物体破壊システム 1 のその他の動作については、第 1 実施形態または第 2 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0068] (第 3 実施形態、第 3 構成例)

パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を片方ずつ照射する場合、本実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 3 構成例として、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 は、同一の発振器から発信され、かつ、同一の照射光学系から照射されても良い。図 1 2 C は、第 3 実施形態による水中物体破壊システムの第 3 構成例を示すブロック回路図である。図 1 2 C の水中物体破壊システム 1 は、制御装置 1 3 と、パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C と、照射光学系 1 8 C とを備える。

[0069] パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、制御装置 1 3 の制御下で切り替わる、第 1 状態および第 2 状態を有する。すなわち、パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、第 1 状態ではパルスレーザ光 5 1 を発振し、第 2 状態では連続波レーザ光 5 2 を発振する。

[0070] より具体的には、例えば、いわゆる「Q スイッチ」などのパルス化デバイスおよびこれを使用する方法が考えられる。すなわち、第 1 状態のパルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、パルス化デバイスが光学的に接続されており、パルスレーザ光 5 1 を発振する。第 2 状態のパルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、パルス化デバイスが光学的に外されており、連続波レーザ光 5 2 を発振する。

[0071] 図 1 2 C に示した各構成要素の接続関係について説明する。電氣的な接続関係に注目すると、パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C および照射光学系 1 8 C は、それぞれ、制御装置 1 3 に接続されている。また、光学的な接続関係に注目すると、パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C の後段には、照射光学系 1 8 C が配置されている。

[0072] 図 1 2 C に示した水中物体破壊システム 1 の動作について説明する。制御装置 1 3 は、パルスレーザ光 5 1 または連続波レーザ光 5 2 の発振およびその切り替えを制御するための発振制御信号 1 3 1 C を生成する。制御装置 1 3 は、生成した発振制御信号 1 3 1 C を、パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C に向けて送信する。パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、送信された発振制御信号 1 3 1 C を受信する。パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、受信した発振制御信号 1 3 1 C に応じて、パルスレーザ光 5 1 または連続波レーザ光 5 2 を選択的に発振する。パルス／連続波切替可能レーザ発振器 1 4 C は、発振したパルスレーザ光 5 1 または連続波レーザ光 5 2 を、照射光学系 1 8 C に向けて出射する。

[0073] 制御装置 1 3 が照射方向制御信号 1 3 4 C を生成してから照射光学系 1 8 C がパルスレーザ光 5 1 または連続波レーザ光 5 2 を照射するまでの動作については、図 1 2 B に示した第 3 実施形態の第 2 構成例の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0074] (第 3 実施形態、第 4 構成例)

パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を同時に照射する場合、本実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 4 構成例として、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 は、異なる発振器からそれぞれ発振し、かつ、異なる照射光学系からそれぞれ照射されても良い。第 3 実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 4 構成例を示すブロック回路図は、第 3 実施形態の第 1 構成例を示す図 1 2 A と同一であるので、ここでは省略する。ただし、第 1 構成例の場合とは異なり、本構成例による水中物体破壊システム 1 は、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を、同時に照射すること

が可能である。このため、本構成例では、制御装置 1 3 が、発振制御信号 1 3 1 A および発振制御信号 1 3 1 B を、パルスレーザ発振器 1 4 A および連続波レーザ発振器 1 4 B に、それぞれ、同時に送信しても良い。

[0075] 本構成例による水中物体破壊システム 1 のその他の構成および動作は、第 1 実施形態または第 2 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0076] (第 3 実施形態、第 5 構成例)

パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を同時に照射する場合、本実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 5 構成例として、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 は、異なる発振器からそれぞれ発振し、かつ、同一の照射光学系から照射されても良い。図 1 2 D は、第 3 実施形態による水中物体破壊システム 1 の第 5 構成例を示すブロック回路図である。図 1 2 D の水中物体破壊システム 1 は、図 1 2 B に示した本実施形態の第 2 構成例と比較して、以下の相違点を有する。すなわち、切替装置 1 6 が、同軸化装置 1 7 に置き換えられている。ここで、同軸化装置 1 7 は、2 つの受光口と、1 つの出射口とを備えていることが望ましい。同軸化装置 1 7 は、2 つの受光口でそれぞれ受光する 2 つのレーザ光を同軸化して出射口から出射する。

[0077] 制御装置 1 3 およびパルスレーザ発振器 1 4 A の構成および接続関係については、第 1 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。制御装置 1 3 および連続波レーザ発振器 1 4 B の構成および接続関係については、第 2 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0078] 同軸化装置 1 7 に係る各構成要素の接続関係について説明する。電気的な接続関係に注目すると、同軸化装置 1 7 は、制御装置 1 3 に接続されている。また、光学的な接続関係に注目すると、パルスレーザ発振器 1 4 A の後段には、同軸化装置 1 7 の第 1 受光口が配置されている。連続波レーザ発振器 1 4 B の後段には、反射鏡 1 5 を介して、同軸化装置 1 7 の第 2 受光口が配

置されている。同軸化装置 1 7 の後段には、照射光学系 1 8 C が配置されている。

[0079] 第 3 実施形態の第 5 構成例の各構成要素の、同軸化装置 1 7 に係る動作について説明する。

[0080] 制御装置 1 3 が発振制御信号 1 3 1 A を生成してからパルスレーザ発振器 1 4 A がパルスレーザ光 5 1 を発振するまでの一連の動作については、第 1 実施形態の場合と同様である。パルスレーザ発振器 1 4 A は、発振したパルスレーザ光 5 1 を、同軸化装置 1 7 の第 1 受光口に向けて出射する。同軸化装置 1 7 は、出射されたパルスレーザ光 5 1 を、第 1 受光口で受光する。

[0081] 制御装置 1 3 が発振制御信号 1 3 1 B を生成してから連続波レーザ発振器 1 4 B が連続波レーザ光 5 2 を発振するまでの一連動作については、第 2 実施形態の場合と同様である。連続波レーザ発振器 1 4 B は、発振した連続波レーザ光 5 2 を、同軸化装置 1 7 の第 2 受光口に向けて出射する。

[0082] 制御装置 1 3 は、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 の同軸化を制御するための同軸化制御信号 1 3 3 を生成する。制御装置 1 3 は、生成した同軸化制御信号 1 3 3 を、同軸化装置 1 7 に向けて送信する。同軸化装置 1 7 は、送信された同軸化制御信号 1 3 3 を受信する。同軸化装置 1 7 は、受信した同軸化制御信号 1 3 3 に応じて、パルスレーザ光 5 1 を受光する第 1 受光口の光軸方向と、連続波レーザ光 5 2 を受光する第 2 受光口の光軸方向と、同軸化したパルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を出射する出射口の光軸方向とを、それぞれ調整する。同軸化装置 1 7 は、出射されたパルスレーザ光 5 1 を、光軸方向を調整した第 1 受光口で受光する。同軸化装置 1 7 は、出射された連続波レーザ光 5 2 を、光軸方向を調整した第 2 受光口で受光する。同軸化装置 1 7 は、受光したパルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を同軸化し、光軸方向を調整した出射口から照射する。

[0083] 制御装置 1 3 は、図示しない外部システム 1 2 から受信する検知信号 1 2 1 に応じて、発振制御信号 1 3 1 A と、発振制御信号 1 3 1 B と、同軸化制御信号 1 3 3 とを生成出力する。第 3 実施形態の第 5 構成例による水中物体

破壊システム 1 のその他の動作については、第 1 実施形態または第 2 実施形態の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

[0084] 以上に説明したように、第 3 実施形態による水中物体破壊システム 1 および水中物体破壊方法は、パルスレーザ光 5 1 および連続波レーザ光 5 2 を、切り替えて、または、同時に照射することによって、第 1 実施形態および第 2 実施形態の長所を両立することを可能とする。

[0085] (第 4 実施形態)

第 4 実施形態では、第 1 ～第 3 実施形態にフィードバック制御を追加する。すなわち、レーザ光の照射によって気泡 7 0 またはプラズマ 6 0 が発生したことを示す音や、反対に不発に終わったことを示す無音状態を、ソナーなどの観測装置によって観測し、その結果をフィードバックして照射光学系の調整を行う。

[0086] 図 1 3 は、第 4 実施形態による水中物体破壊システム 1 の一構成例を示すブロック回路図である。図 1 3 に示した水中物体破壊システム 1 は、一例として、図 1 2 C に示した第 3 実施形態の第 3 構成例に、ソナー 1 1 を追加したものである。ソナー 1 1 は、制御装置 1 3 に電氣的に接続されている。なお、このソナー 1 1 は、図示しない外部システム 1 2 の一部であっても良い。

[0087] 本実施形態による水中物体破壊システム 1 の動作、すなわち本実施形態による水中物体破壊方法について説明する。図 1 4 は、第 4 実施形態による水中物体破壊方法の一例を示すフローチャートである。図 1 4 のフローチャートは、第 0 ステップ S 3 0 0 ～第 7 ステップ S 3 0 7 の、合計 8 のステップを含んでいる。図 1 4 のフローチャートは、第 0 ステップ S 3 0 0 から開始する。第 0 ステップ S 3 0 0 の次には、第 1 ステップ S 3 0 1 が実行される。

[0088] 第 1 ステップ S 3 0 1 において、水中物体破壊システム 1 は、目標物体 4 0 を探知する。本実施形態による第 1 ステップ S 3 0 1 は、第 1 実施形態による第 1 ステップ S 1 0 1 と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略す

る。第1ステップS301の次には、第2ステップS302が実行される。

[0089] 第2ステップS302において、水中物体破壊システム1は、目標物体40に関連して定まる目標位置に集光するようにパルスレーザ光51または連続波レーザ光52を照射する。この動作は、第3実施形態の第3構成例の場合と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。図15Aは、第4実施形態による水中物体破壊システム1がレーザ光を照射する状態の一例を示す図である。第2ステップS302の次には、第3ステップS303が実行される。

[0090] 第3ステップS303において、水中物体破壊システム1は、結果を観測する。すなわち、レーザ光の照射によって気泡70やプラズマ60が発生したかどうか、発生したなら目標物体40を破壊したかどうかについて、周囲の音をソナー11で観測して判定する。ここで、ソナー11は、観測した音111を電気的に変換して観測信号112を生成し、生成した観測信号112を制御装置13に向けて送信する。制御装置13は、送信された観測信号112を受信し、上記の判定を行う。第3ステップS303の次には、第4ステップS304が実行される。

[0091] 第4ステップS304において、水中物体破壊システム1は、気泡70またはプラズマ60が発生したかどうかを判定する。図15Bは、第4実施形態による水中物体破壊システム1が照射したレーザ光が想定より近距離に集光されたことを検知した状態の一例を示す図である。例えば、照射光学系18Cから100メートル先で集光するように照射条件および集光条件を調整した上でパルスレーザ光51を照射したのに、その結果として発生した衝撃波をソナー11で観測したところ、実際には照射光学系18Cから90メートル先で集光されたと推定される場合などが考えられる。このように、気泡70やプラズマ60が発生した場合（YES）は、第4ステップS304の次に第5ステップS305が実行される。反対に、レーザ光が集光する前に減衰して不発に終わった場合には、すなわち気泡70やプラズマ60が発生しなかった場合には、ソナー11に到達すべき音も発生しない。図15C

は、第4実施形態による水中物体破壊システム1が照射したレーザ光が集光されずに衝撃波が発生しなかったことを検知した状態の一例を示す図である。例えば、照射光学系18Cから100メートル先で集光するように照射条件を調整した上でパルスレーザ光51を照射したのに、その結果として発生すべき衝撃波が一定時間以内にソナー11で観測出来なかった場合などが考えられる。このような不発の原因としては、レーザ光の伝搬中の減衰が想定よりも大きく集光点まで十分なエネルギーが到達しなかった可能性や、潮流の影響によってレーザ光が十分に集光しなかった可能性などが考えられる。気泡70やプラズマ60が発生しなかった場合（NO）には、第4ステップS304の次に第6ステップS306が実行される。

[0092] 第5ステップS305において、水中物体破壊システム1は、目標物体40を破壊したかどうかを判定する。目標物体40が破壊された場合は、そのことを示す音が発生するので、ソナー11はこの音を検知することが出来る。この場合（YES）は、第5ステップS305の次に第7ステップS307が実行されて、図14のフローチャートは終了する。反対に、気泡70またはプラズマ60が発生していながら、目標物体40が破壊された音を検知できなかった場合は、図15Bに示したように、レーザ光が想定とは異なる位置に集光してしまったなどの原因が考えられる。この場合（NO）は、第5ステップS305の次に第6ステップS306が実行される。

[0093] 第6ステップS306において、水中物体破壊システム1は、観測結果をフィードバックしてレーザ光の照射条件を調整する。ここで、調整される照射条件は、例えば、パルスレーザ光51または連続波レーザ光52の選択、レーザ光の出力強度、レーザ光の照射方向、レーザ光の集光位置などが含まれていても良い。第6ステップS306の次には、第1ステップS301が実行される。図15Dは、第4実施形態による水中物体破壊システム1がフィードバック制御によって再度レーザ光を照射する状態の一例を示す図である。

[0094] 以上に説明したように、本実施形態によれば、水中物体破壊システム1を

搭載する船舶 20 の動きや、船舶 20 または目標物体 40 の周辺の潮流などの影響を補正して、レーザ光の集光をより精度よく行うことが可能となる。

[0095] (第 5 実施形態)

魚雷などの水中物体である目標物体 40 を破壊する目的が、船舶 20 をこの目標物体 40 の脅威から防御することである場合に、船舶 20 から出射したレーザ光からバブルジェット 71 や衝撃波 61 が発生すると、これらは別の目標物体 40 が誘導目標に設定する音源になる可能性がある。そこで、第 5 実施形態では、外部システム 12 および制御装置 13 を搭載する船舶 20 からは分離されているデコイなどからレーザ光を照射する。図 16 は、第 5 実施形態による水中物体破壊システム 1 の一構成例を示す図である。図 16 に示した構成例では、船舶 20 から曳航式デコイ 21 および自走式デコイ 22 が分離されている。

[0096] 図 16 に例示したように、曳航式デコイ 21 は、照射光学系を搭載し、パルスレーザ光 51 を照射し、その結果として発生する衝撃波 61 によって目標物体 40 を破壊することが出来る。こうすることで、曳航式デコイ 21 から発生する衝撃波 61 を検知した別の目標物体 40 が曳航式デコイ 21 に向かって移動したとしても、曳航式デコイ 21 から分離している船舶 20 は、この別の目標物体 40 の脅威を回避することが出来る。なお、曳航式デコイ 21 は、パルスレーザ光によって目標物体 40 を破壊しても良いし、連続波レーザ光 52 を照射しても良い。

[0097] なお、レーザ発振器は、曳航式デコイ 21 に搭載しても良いが、曳航式デコイ 21 と、船舶 20 とは、曳航用のケーブルなどによって物理的に接続されているので、レーザ発振器を船舶 20 に搭載することも可能である。すなわち、後者の場合、レーザ発振器と、照射光学系との間を、光ファイバなどの光学系を用いて光学的に接続し、船舶 20 のレーザ発振器から出射したレーザ光を、曳航式デコイ 21 の照射光学系まで導光して出射することが可能である。

[0098] 図 16 に例示したように、自走式デコイ 22 も、曳航式デコイ 21 と同様

に、パルスレーザ光 5 1 を照射し、その結果として発生する衝撃波 6 1 によって目標物体 4 0 を破壊することが出来る。ただし、自走式デコイ 2 2 は、船舶 2 0 との間に物理的な接続が無いので、自走式デコイ 2 2 はレーザ発振器を搭載していることが望ましい。なお、自走式デコイ 2 2 も、パルスレーザ光によって目標物体 4 0 を破壊しても良いし、連続波レーザ光 5 2 を照射しても良い。

[0099] 本実施形態によれば、船舶 2 0 から分離された曳航式デコイ 2 1 や自走式デコイ 2 2 からレーザ光の照射を行うことによって、船舶 2 0 の遠方でバブルジェット 7 1 や衝撃波 6 1 を発生させることが可能となる。したがって、魚雷などの目標物体 4 0 の破壊による、防御対象である船舶 2 0 への影響を、軽減することが出来る。

[0100] 以上、発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。また、前記実施の形態に説明したそれぞれの特徴は、技術的に矛盾しない範囲で自由に組み合わせることが可能である。

[0101] 本願は、日本国特許出願（JP 2016-218229）に基づいており、その出願に基づいて優先権を主張している。その出願の開示は、引用により、ここに組み込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 水中の目標物体を探知する探知装置と、
レーザ光を生成するレーザ発振器と、
前記レーザ発振器からの前記レーザ光の方向と集光位置を定める照射光学系と、
前記探知装置により探知された前記目標物体に関連して定まる水中の目標位置に前記レーザ光が集光されて気泡またはプラズマを発生するように前記レーザ発振器および前記照射光学系を制御する制御装置と
を具備し、
前記気泡または前記プラズマによる衝撃で前記目標物体を破壊する水中物体破壊システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の水中物体破壊システムにおいて、
前記レーザ発振器は、パルスレーザ光を発振するパルスレーザ発振器を具備する
水中物体破壊システム。
- [請求項3] 請求項1に記載の水中物体破壊システムにおいて、
前記レーザ発振器は、連続波レーザ光を発振する連続波レーザ発振器を具備する
水中物体破壊システム。
- [請求項4] 請求項2に記載の水中物体破壊システムにおいて、
前記レーザ発振器は、連続波レーザ光を発振する連続波レーザ発振器をさらに具備する
水中物体破壊システム。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の水中物体破壊システムにおいて、
照射したレーザ光に起因する前記気泡または前記プラズマの発生の有無を探知するソナーをさらに具備し、

前記制御装置は、前記発生の有無を探知した結果に応じて照射条件を調整するフィードバック制御を行う

水中物体破壊システム。

[請求項6]

請求項5に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記ソナーは、発生した前記気泡または前記プラズマに起因する前記衝撃の位置情報をさらに探知し、

前記制御装置は、探知した前記位置情報に基づいて前記レーザ光の集光位置を調整するフィードバック制御をさらに行う

水中物体破壊システム。

[請求項7]

請求項1～6のいずれか一項に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記制御装置を搭載する第1本体と、

前記照射光学系を搭載する第2本体と

をさらに具備し、

前記第1本体および前記第2本体のうち、一方は、他方から分離している

水中物体破壊システム。

[請求項8]

請求項7に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記第1本体は、船舶であり、

前記第2本体は、前記船舶に曳航されている曳航式デコイである

水中物体破壊システム。

[請求項9]

請求項8に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記レーザ発振器は、前記船舶に搭載されており、

前記レーザ発振器が発振する前記レーザ光を前記照射光学系まで導光する光ファイバケーブルをさらに具備する

水中物体破壊システム。

[請求項10]

水中の目標物体を探知することと、

レーザ光を生成することと、

前記探知された目標物体に関連して定められた目標位置に前記レーザ光を集光して、気泡またはプラズマを水中に発生させることと、

前記気泡または前記プラズマによる衝撃で前記目標物体を破壊することと

を具備する

水中物体破壊方法。

[請求項11]

請求項10に記載の水中物体破壊方法において、

前記レーザ光を集光した結果を観測することと、

前記観測の結果、前記気泡または前記プラズマが水中に発生しなかったことを検知した場合に、前記レーザ光の照射条件を調整するフィードバック制御を行うことと

をさらに具備する

水中物体破壊方法。

[請求項12]

請求項11に記載の水中物体破壊方法において、

前記観測の結果、前記目標物体が破壊されなかったことを検知した場合に、前記レーザ光の集光位置を調整するフィードバック制御を行うこと

をさらに具備する

水中物体破壊方法。

[請求項13]

請求項10～12のいずれか一項に記載の水中物体破壊方法において、

前記気泡または前記プラズマを水中に発生させることは、

複数の前記気泡または複数の前記プラズマを水中に発生させることを具備する

水中物体破壊方法。

補正された請求の範囲
[2018年1月15日(15.01.2018) 国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後)

水中の目標物体を探知する探知装置と、
レーザ光を生成するレーザ発振器と、
前記レーザ発振器からの前記レーザ光の方向と集光位置を定める照射光学系と、

前記探知装置により探知された前記目標物体から所定の距離だけ離れた水中の目標位置に前記レーザ光を集光して前記目標位置に存在する水を気化またはプラズマ化するように前記レーザ発振器および前記照射光学系を制御する制御装置と
を具備し、

前記水の気化によって発生する気泡による衝撃、または、前記水のプラズマ化によって発生するプラズマによる衝撃で前記目標物体を破壊する

水中物体破壊システム。

[請求項 2]

請求項 1 に記載の水中物体破壊システムにおいて、
前記レーザ発振器は、パルスレーザ光を発振するパルスレーザ発振器を具備する

水中物体破壊システム。

[請求項 3]

請求項 1 に記載の水中物体破壊システムにおいて、
前記レーザ発振器は、連続波レーザ光を発振する連続波レーザ発振器を具備する

水中物体破壊システム。

[請求項 4]

請求項 2 に記載の水中物体破壊システムにおいて、
前記レーザ発振器は、連続波レーザ光を発振する連続波レーザ発振器をさらに具備する

水中物体破壊システム。

[請求項 5] 請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の水中物体破壊システムにおいて、

照射したレーザ光に起因する前記気泡または前記プラズマの発生の有無を探知するソナーをさらに具備し、

前記制御装置は、前記発生の有無を探知した結果に応じて照射条件を調整するフィードバック制御を行う

水中物体破壊システム。

[請求項 6] 請求項 5 に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記ソナーは、発生した前記気泡または前記プラズマに起因する前記衝撃の位置情報をさらに探知し、

前記制御装置は、探知した前記位置情報に基づいて前記レーザ光の集光位置を調整するフィードバック制御をさらに行う

水中物体破壊システム。

[請求項 7] 請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記制御装置を搭載する第 1 本体と、

前記照射光学系を搭載する第 2 本体と

をさらに具備し、

前記第 1 本体および前記第 2 本体のうち、一方は、他方から分離している

水中物体破壊システム。

[請求項 8] 請求項 7 に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記第 1 本体は、船舶であり、

前記第 2 本体は、前記船舶に曳航されている曳航式デコイである

水中物体破壊システム。

[請求項 9] 請求項 8 に記載の水中物体破壊システムにおいて、

前記レーザ発振器は、前記船舶に搭載されており、

前記レーザ発振器が発振する前記レーザ光を前記照射光学系まで導光する光ファイバケーブルをさらに具備する
水中物体破壊システム。

[請求項 10] (補正後)

水中の目標物体を探知することと、
レーザ光を生成することと、
前記探知された目標物体から所定の距離だけ離れた水中の目標位置に前記レーザ光を集光して前記目標位置に存在する水を気化またはプラズマ化することと、
前記水の気化によって発生する気泡による衝撃、または、前記水のプラズマ化によって発生するプラズマによる衝撃で前記目標物体を破壊することと
を具備する
水中物体破壊方法。

[請求項 11]

請求項 10に記載の水中物体破壊方法において、
前記レーザ光を集光した結果を観測することと、
前記観測の結果、前記気泡または前記プラズマが水中に発生しなかったことを検知した場合に、前記レーザ光の照射条件を調整するフィードバック制御を行うことと
をさらに具備する
水中物体破壊方法。

[請求項 12]

請求項 11に記載の水中物体破壊方法において、
前記観測の結果、前記目標物体が破壊されなかったことを検知した場合に、前記レーザ光の集光位置を調整するフィードバック制御を行うこと
をさらに具備する
水中物体破壊方法。

[請求項 13] 請求項 10～12のいずれか一項に記載の水中物体破壊方法において、

前記気泡または前記プラズマを水中に発生させることは、

複数の前記気泡または複数の前記プラズマを水中に発生させることを具備する

水中物体破壊方法。

条約第 19 条 (1) に基づく説明書

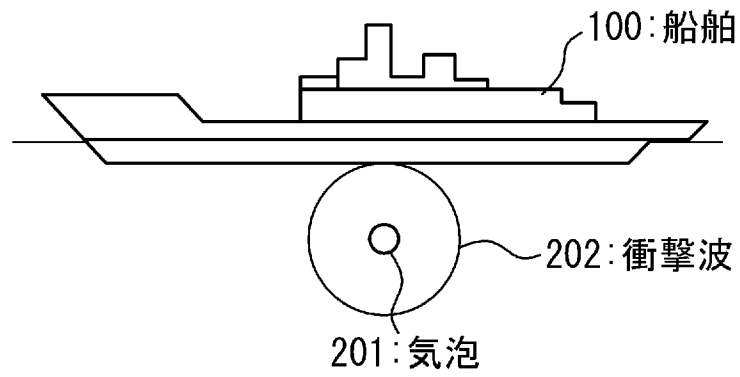
請求項 1 は、以下の内容を組み込むように補正された。

- ・「目標物体に関連して定まる水中の目標位置」を「目標物体から所定の距離だけ離れた水中の目標位置」に減縮した。
- ・「レーザ光が集光されて気泡またはプラズマを発生する」を「レーザ光を集光して前記目標位置に存在する水を気化またはプラズマ化する」に減縮した。
- ・「前記気泡または前記プラズマによる衝撃」を「前記水の気化によって発生する気泡による衝撃、または、前記水のプラズマ化によって発生するプラズマによる衝撃」に減縮した。

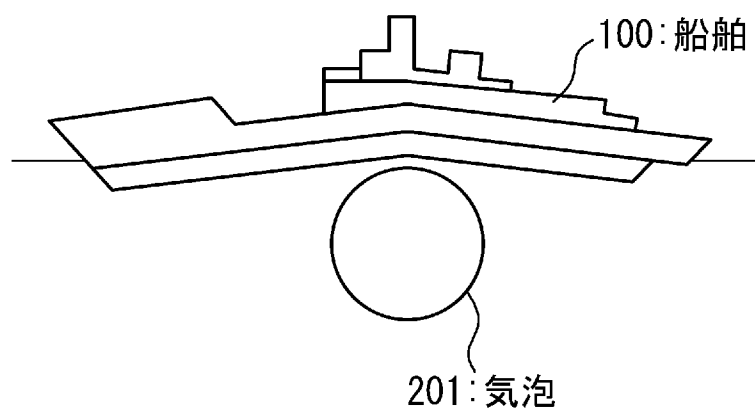
請求項 10 は、以下の内容を組み込むように補正された。

- ・「目標物体に関連して定められた目標位置」を「目標物体から所定の距離だけ離れた水中の目標位置」に減縮した。
- ・「レーザ光を集光して、気泡またはプラズマを水中に発生させる」を「レーザ光を集光して前記目標位置に存在する水を気化またはプラズマ化する」に減縮した。
- ・「前記気泡または前記プラズマによる衝撃」を「前記水の気化によって発生する気泡による衝撃、または、前記水のプラズマ化によって発生するプラズマによる衝撃」に減縮した。

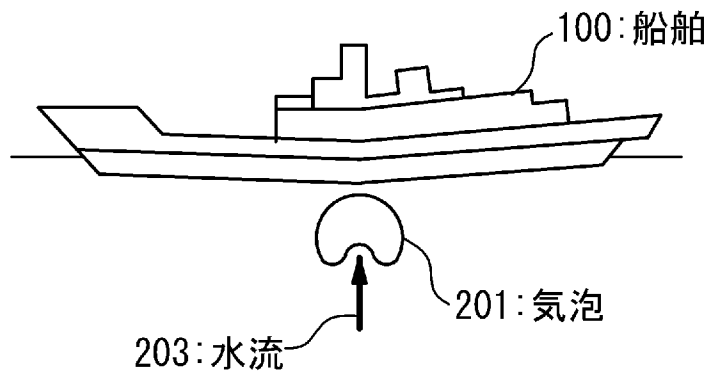
[図1A]



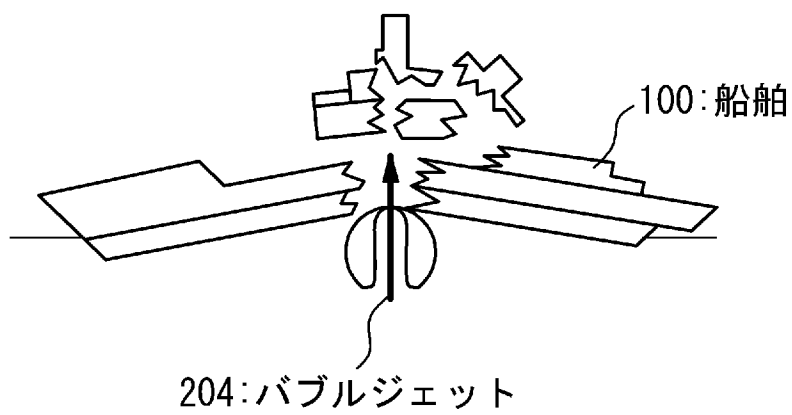
[図1B]



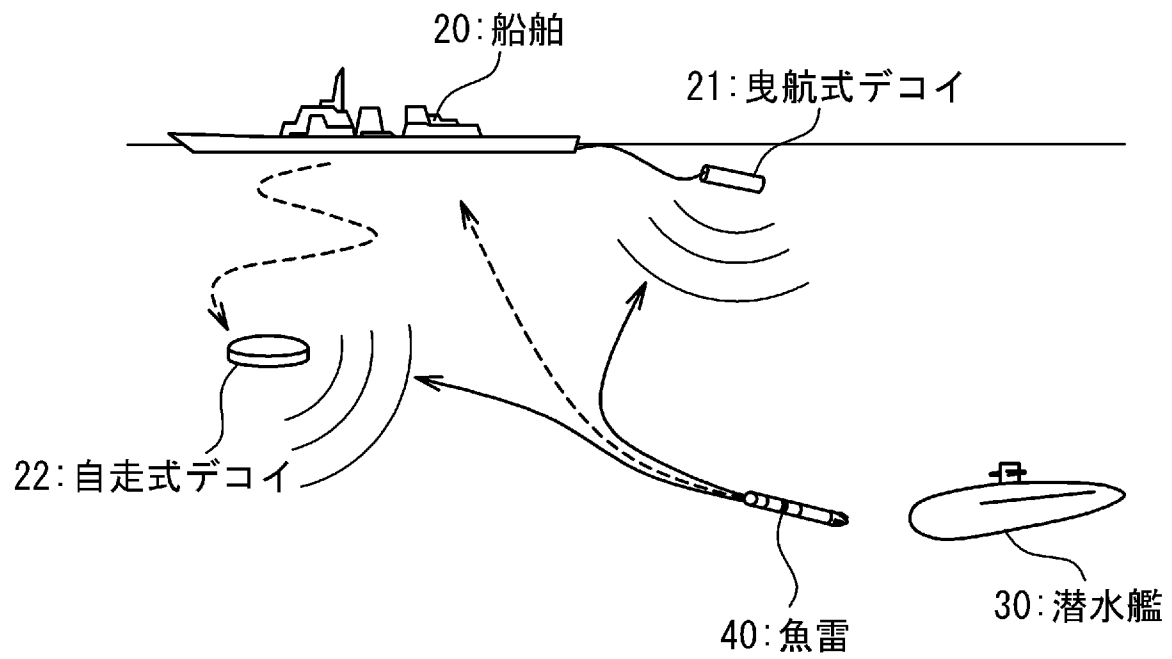
[図1C]



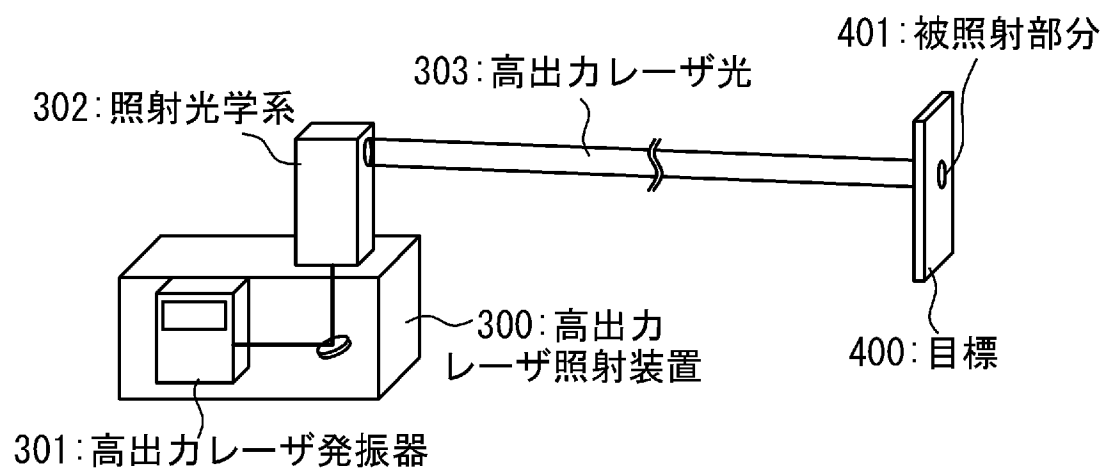
[図1D]



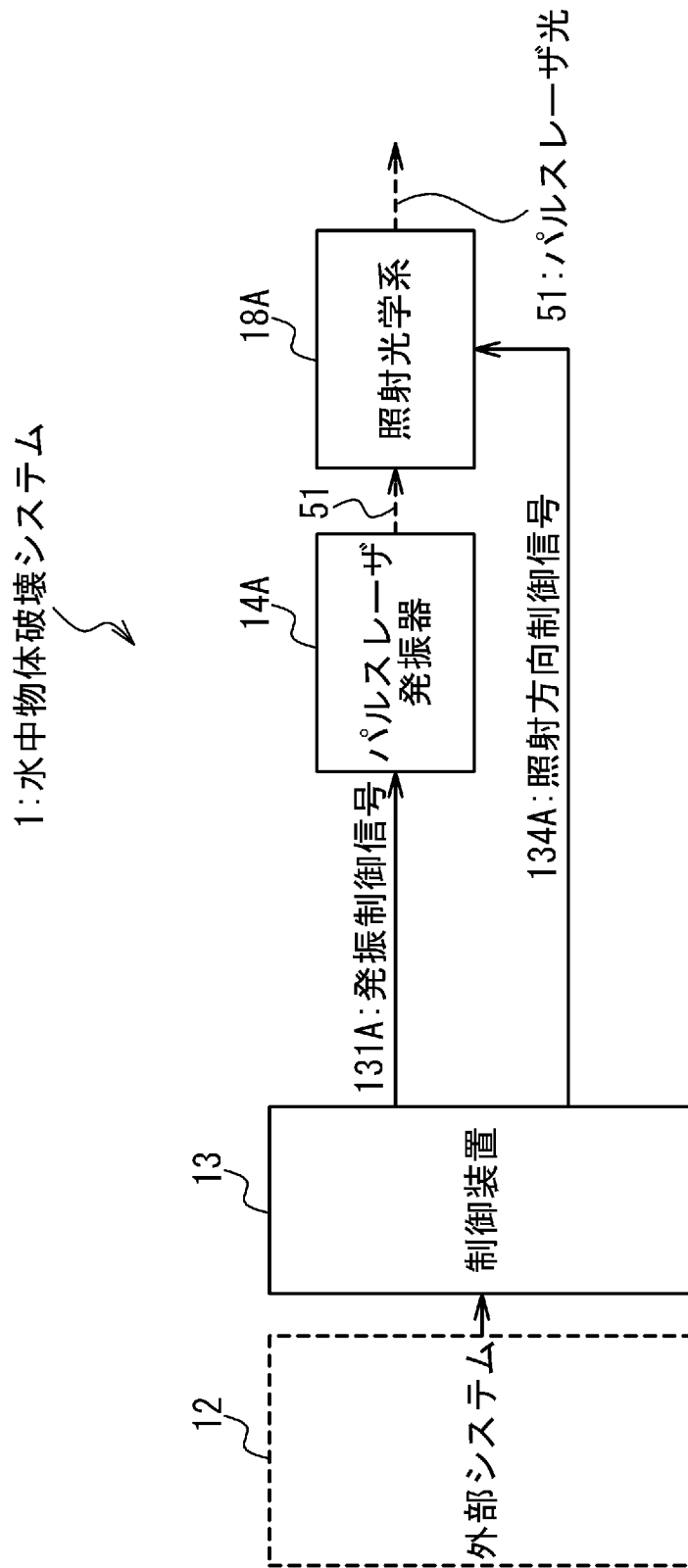
[図2]



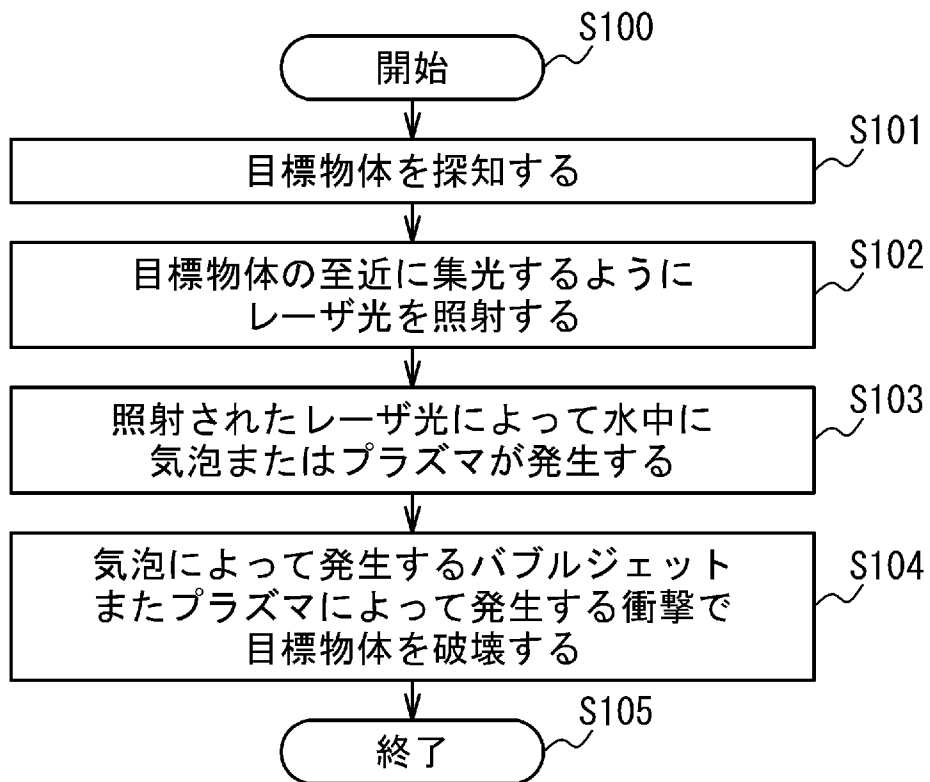
[図3]



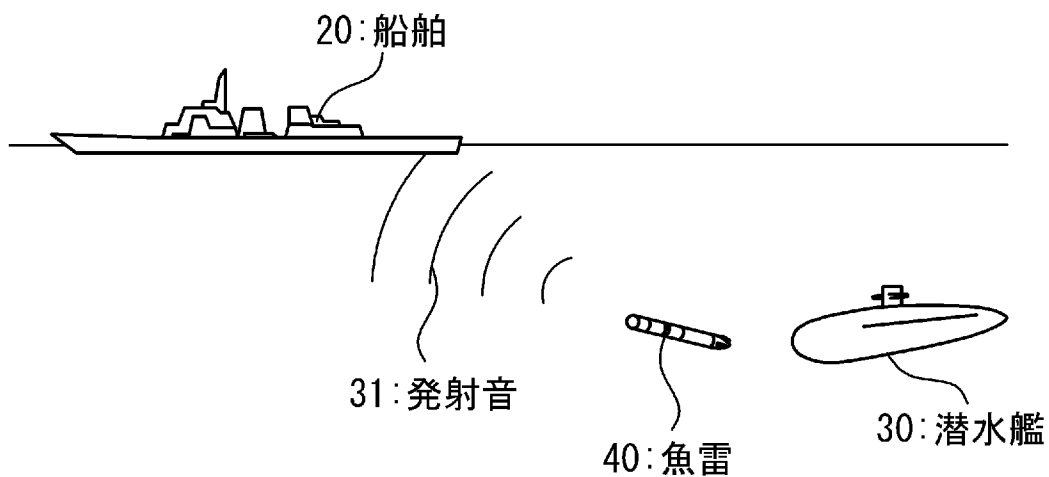
[図4]



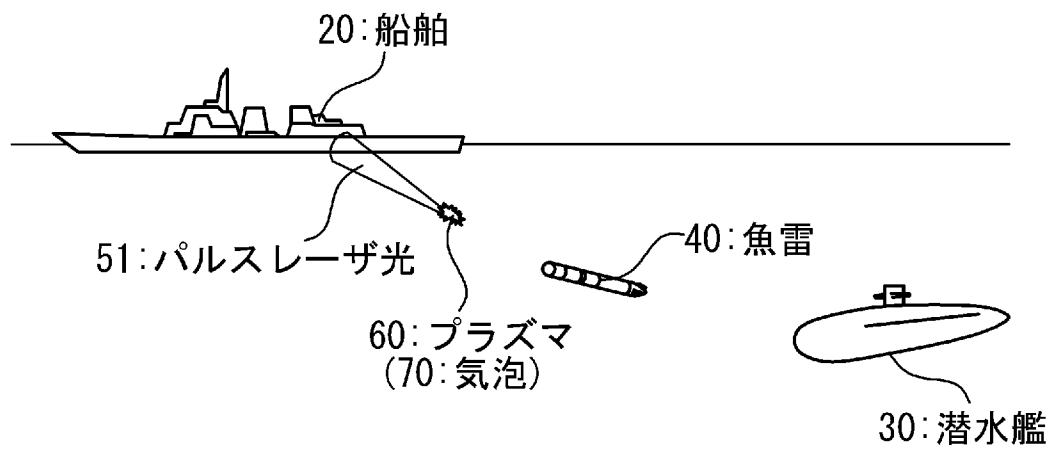
[図5]



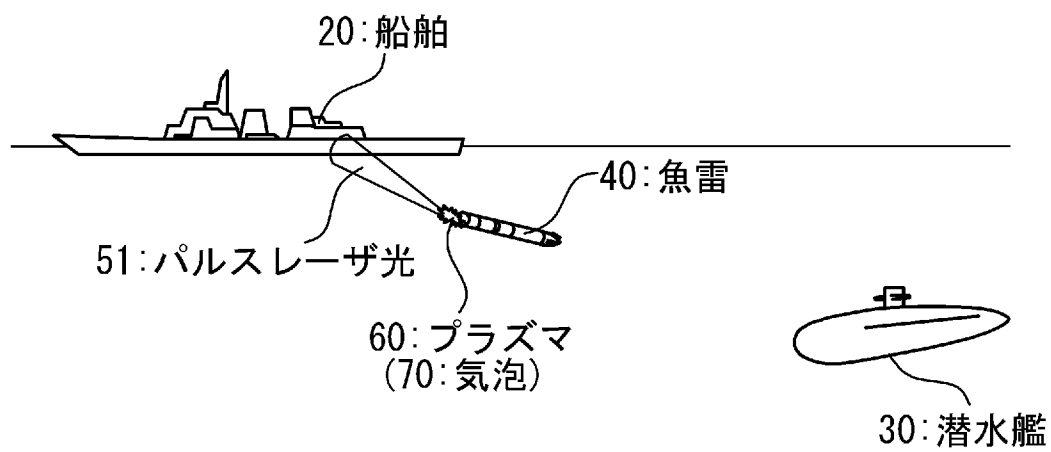
[図6A]



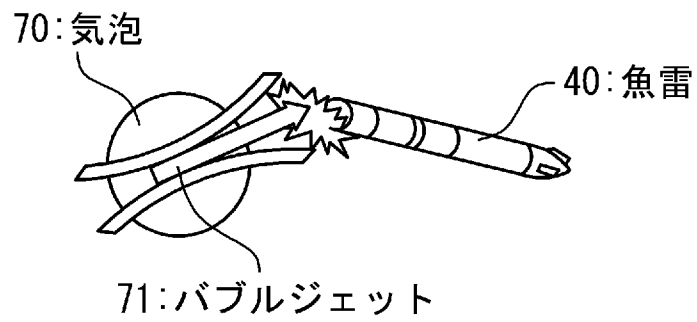
[図6B]



[図6C]



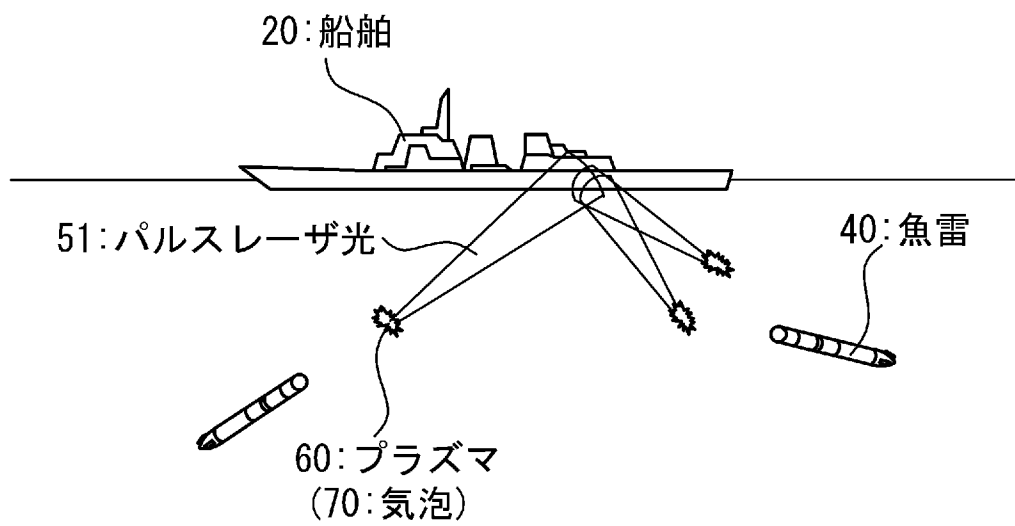
[図6D]



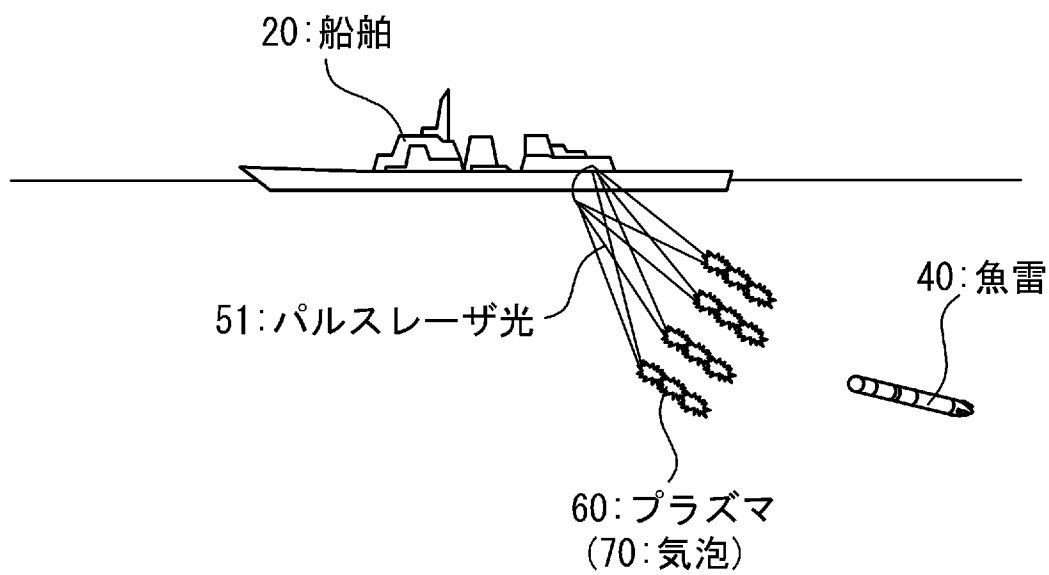
[図6E]



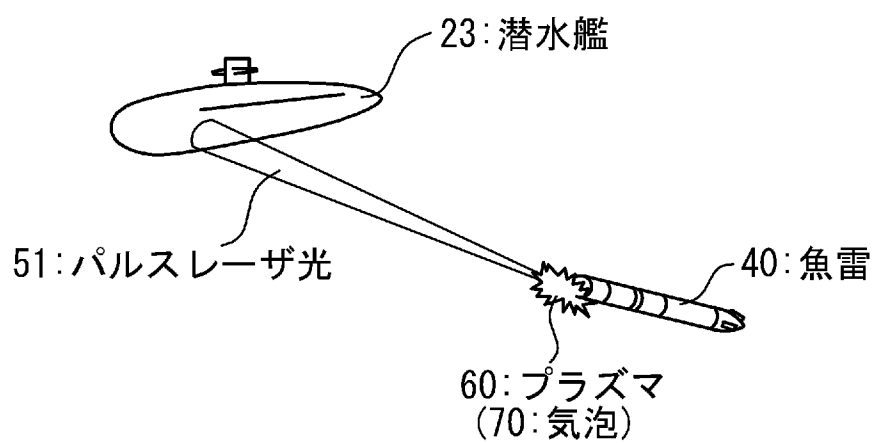
[図7A]



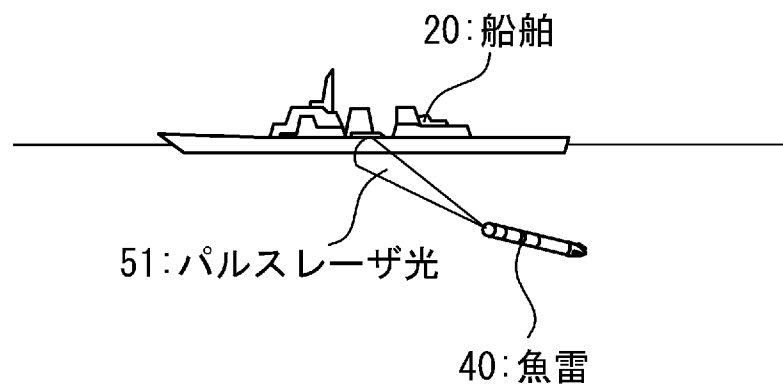
[図7B]



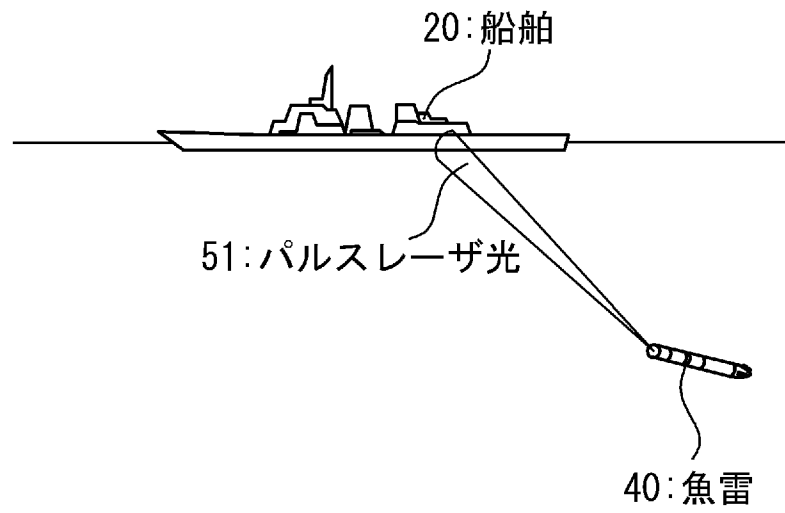
[図8A]



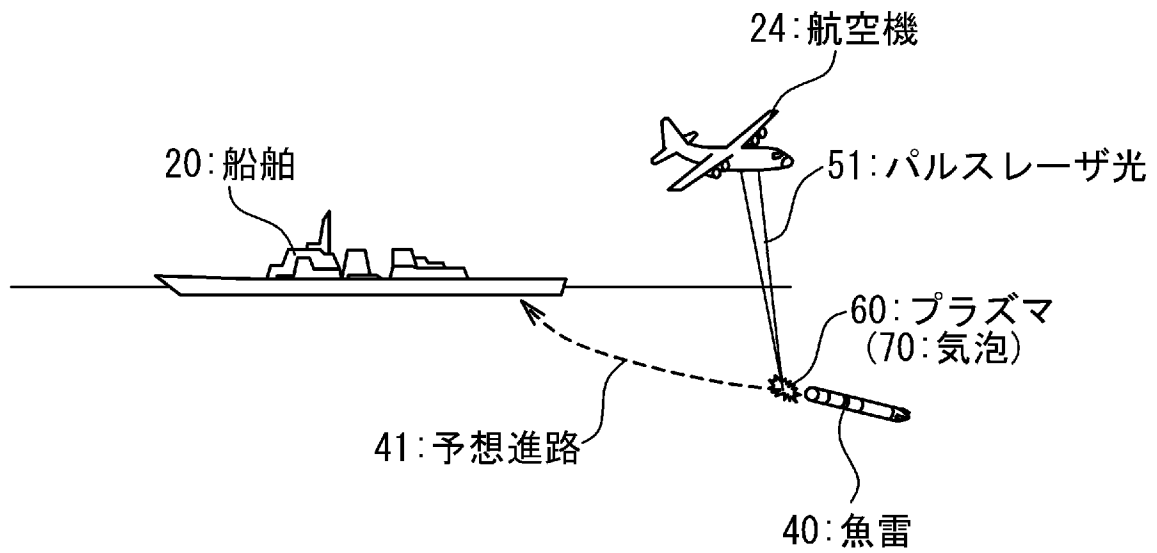
[図8B]



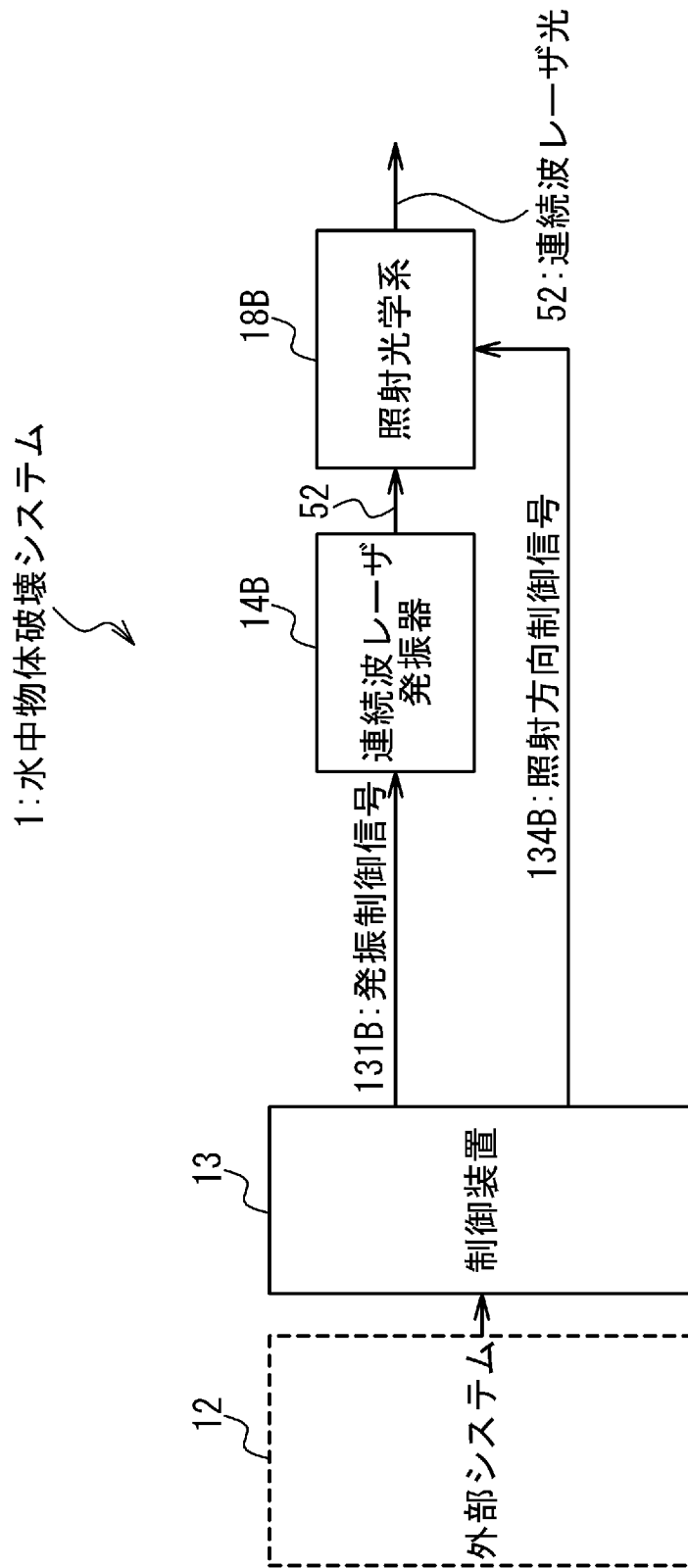
[図8C]



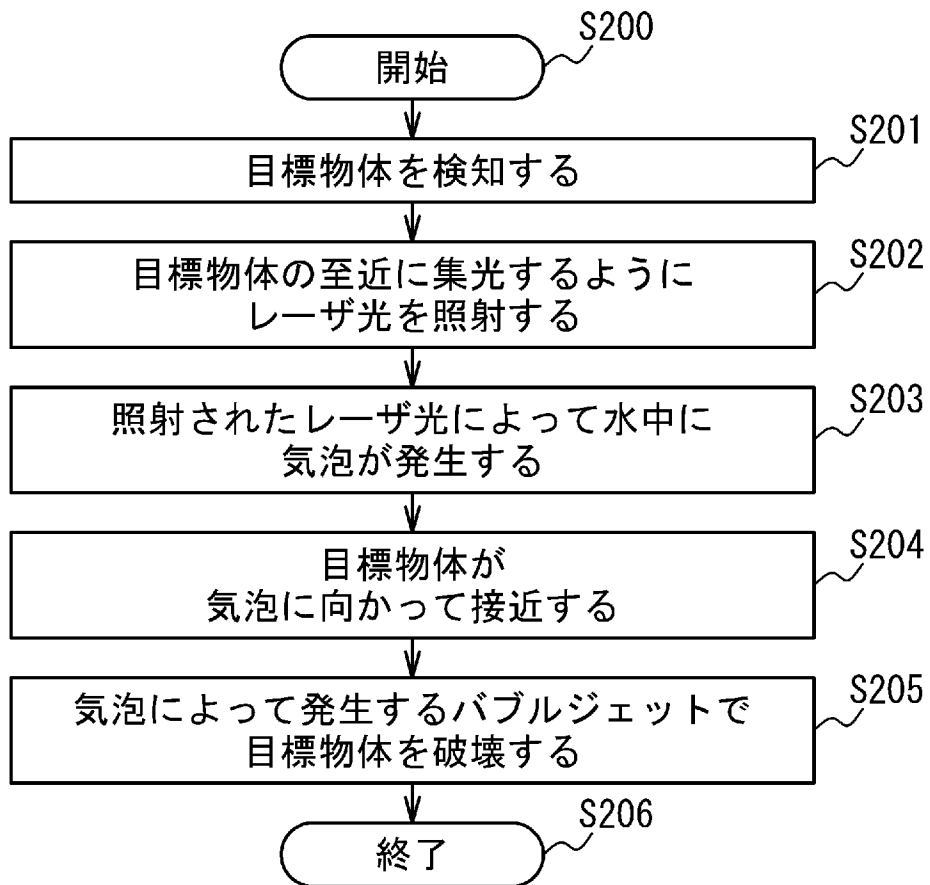
[図8D]



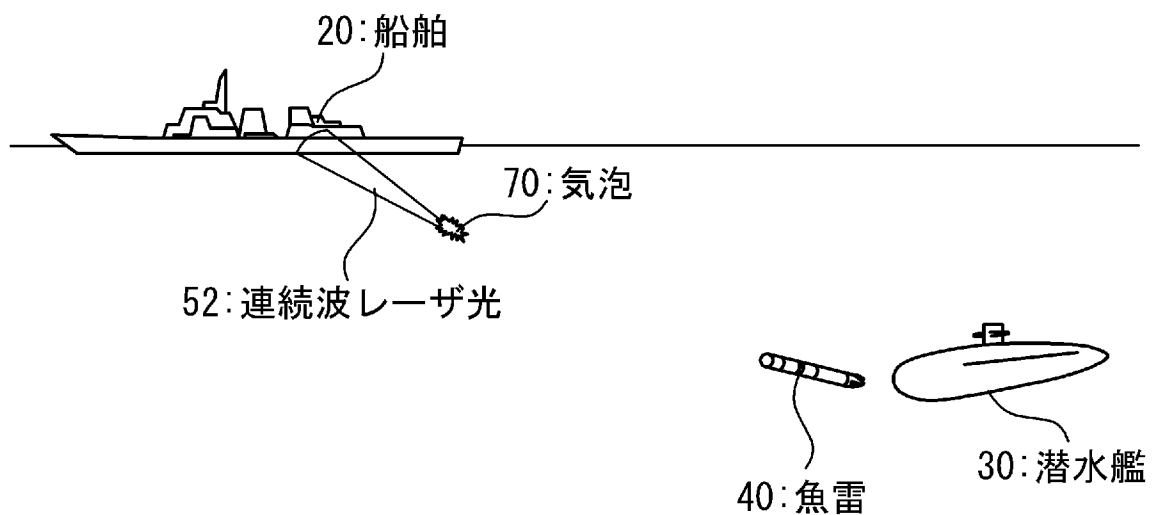
[図9]



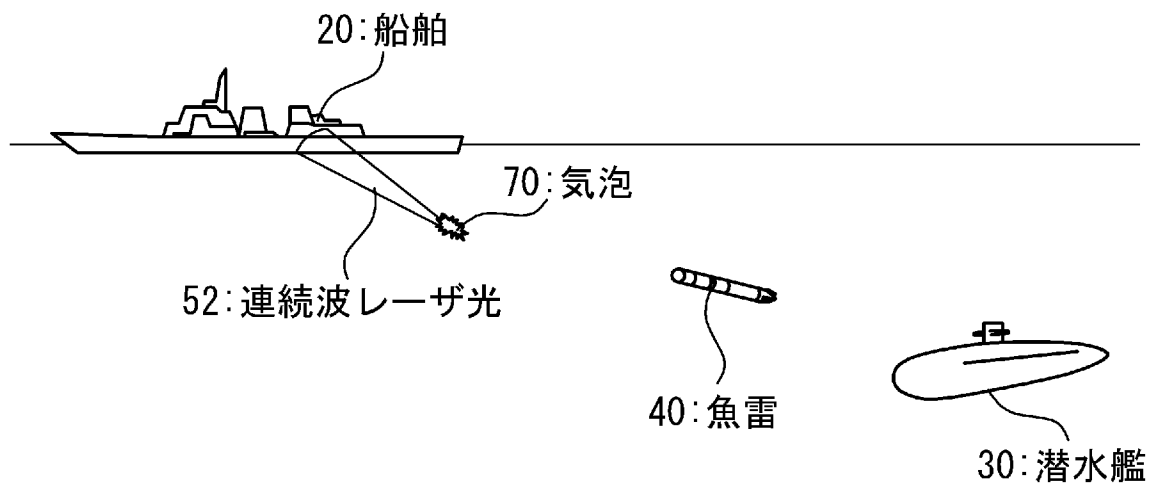
[図10]



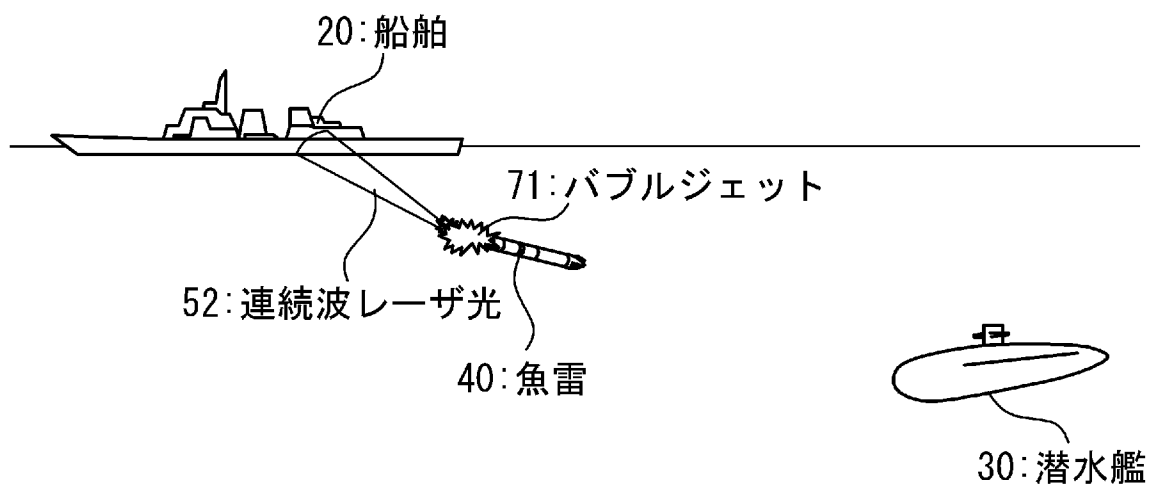
[図11A]



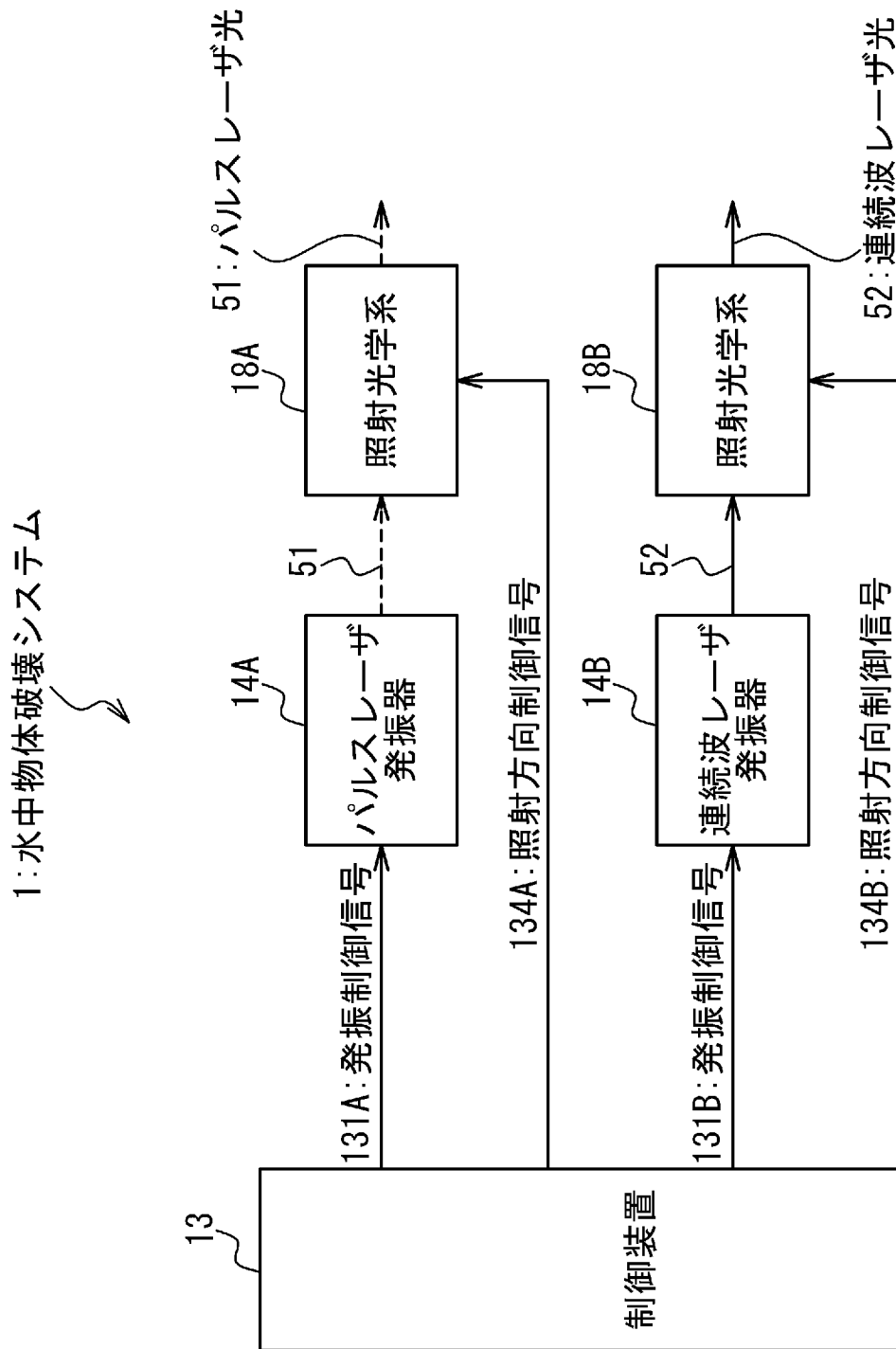
[図11B]



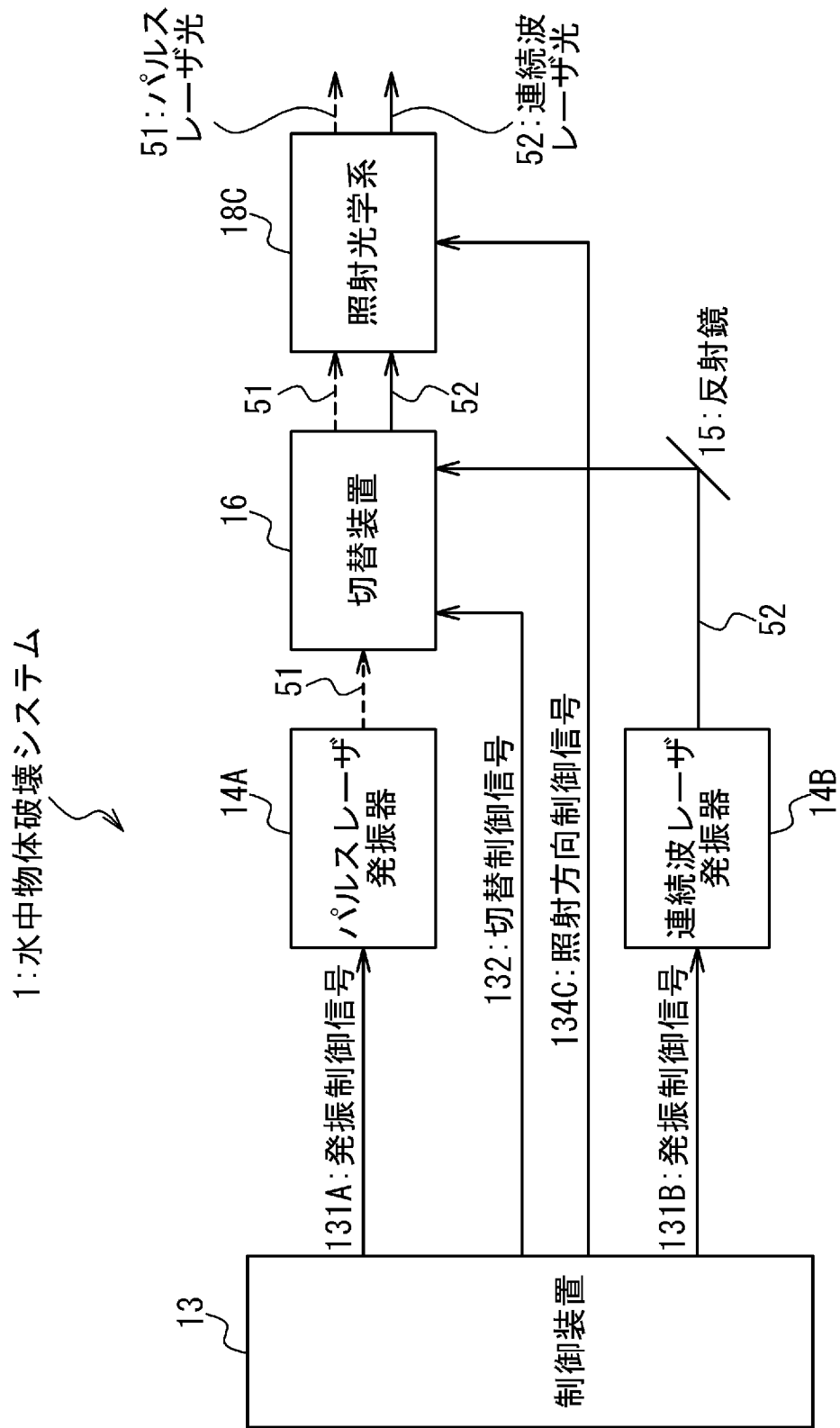
[図11C]



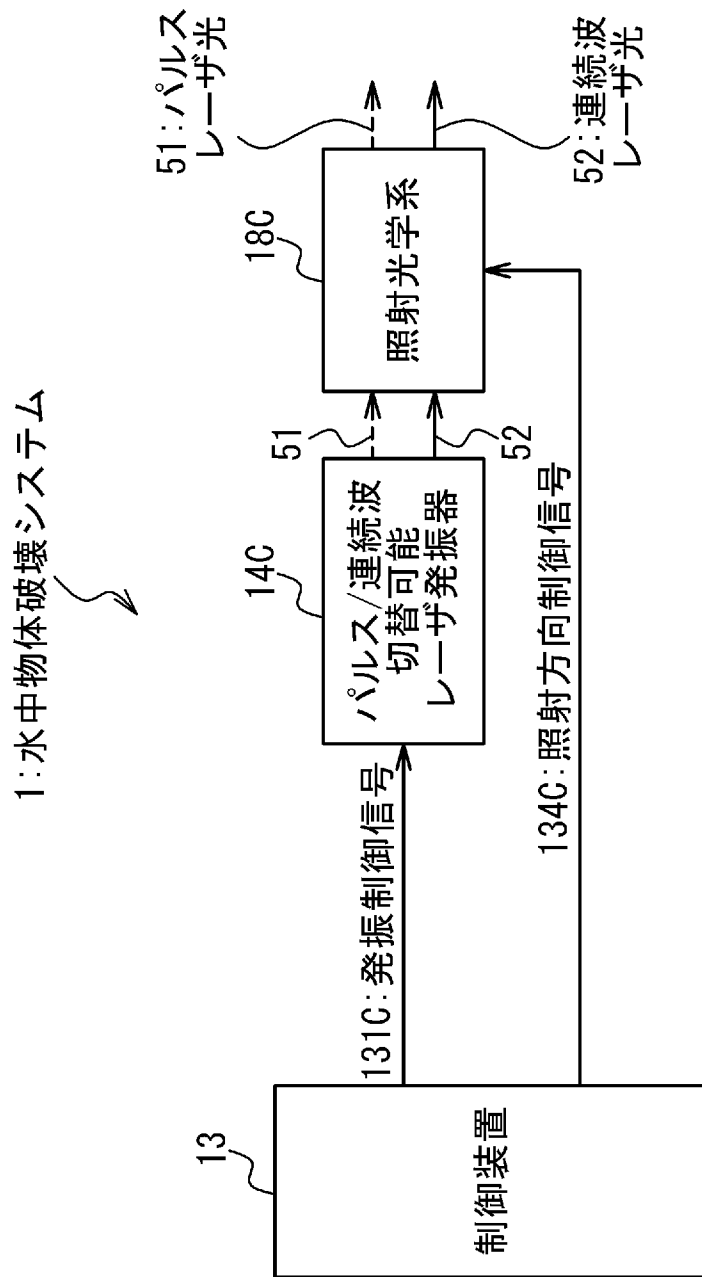
[図12A]



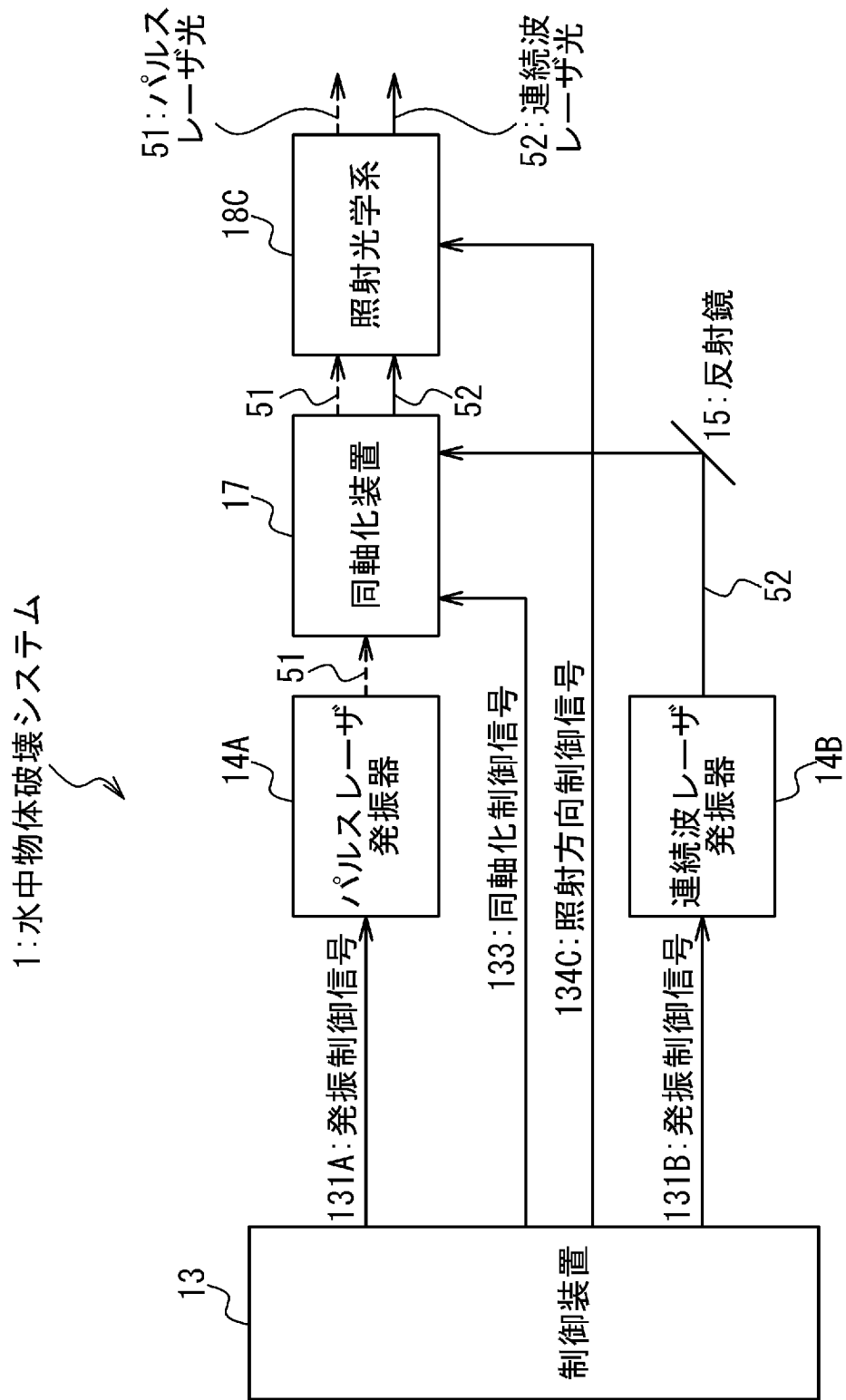
[図12B]



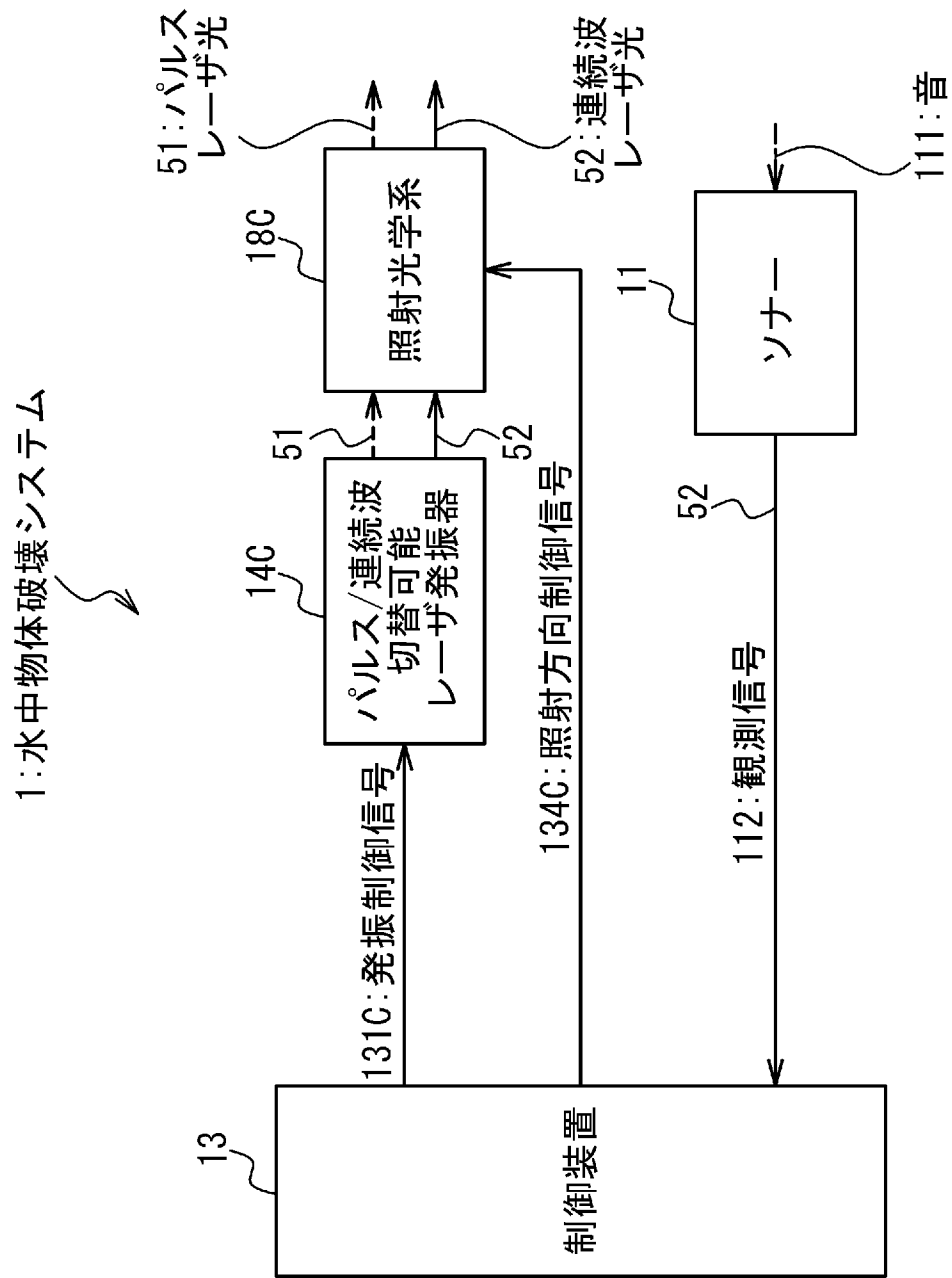
[図12C]



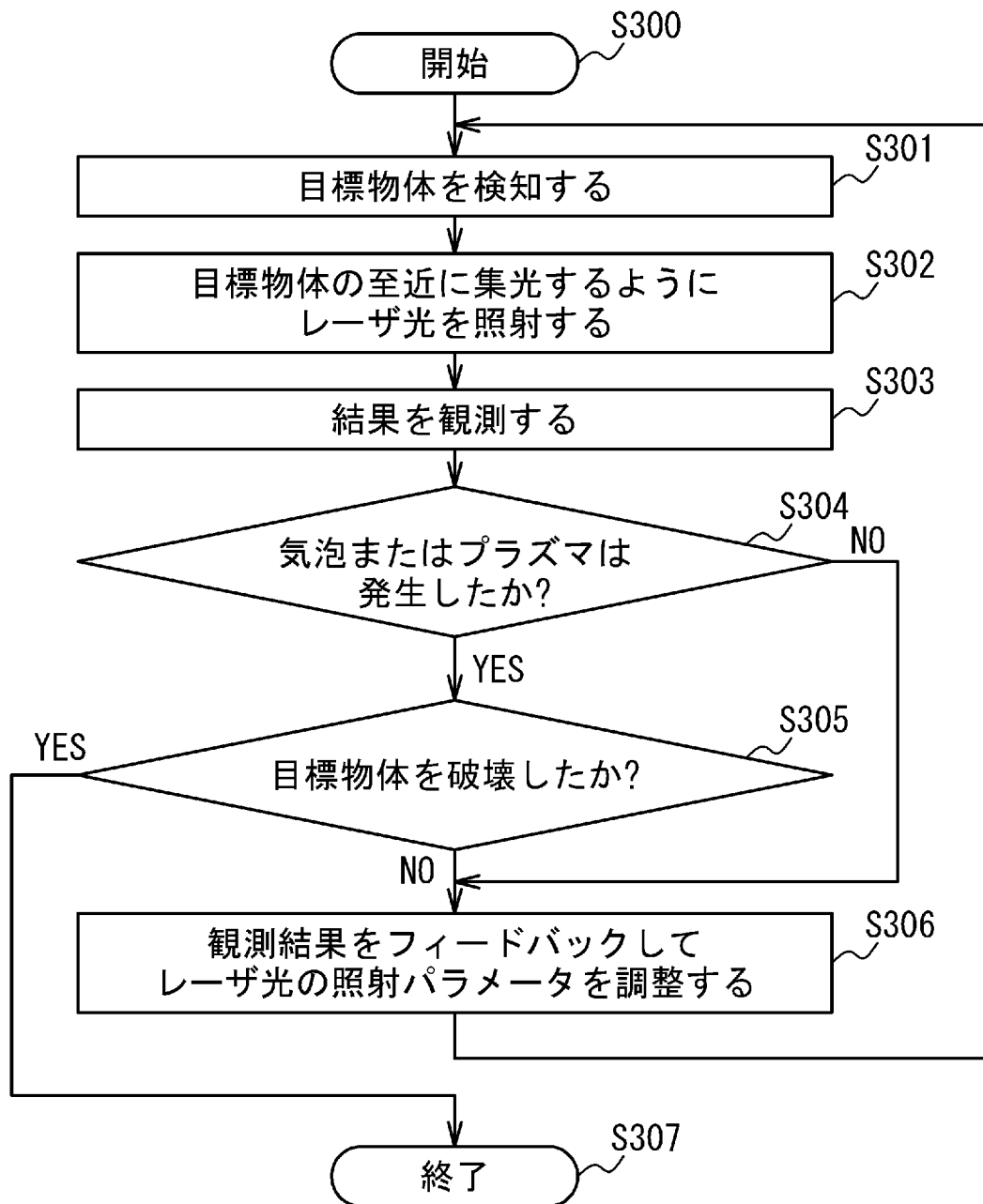
[図12D]



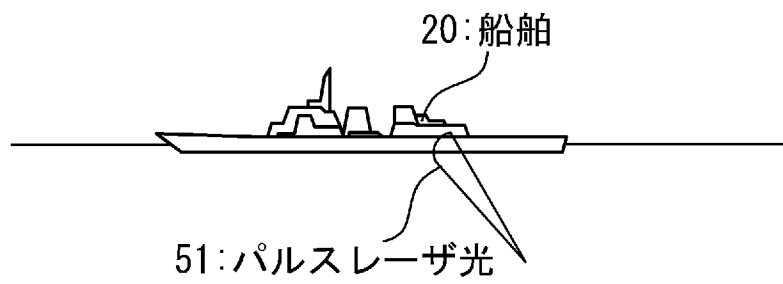
[図13]



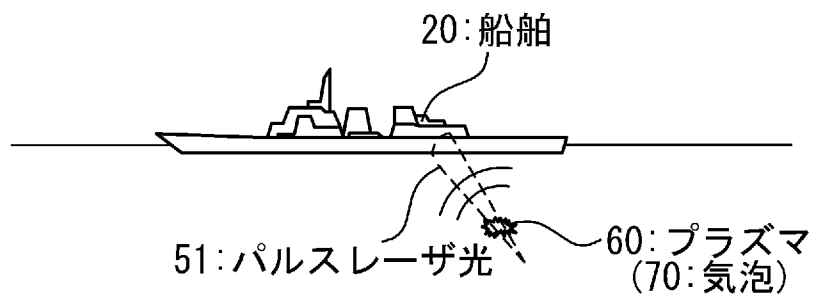
[図14]



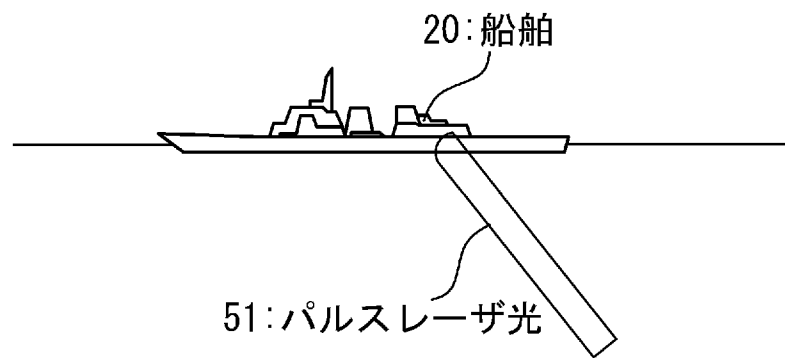
[図15A]



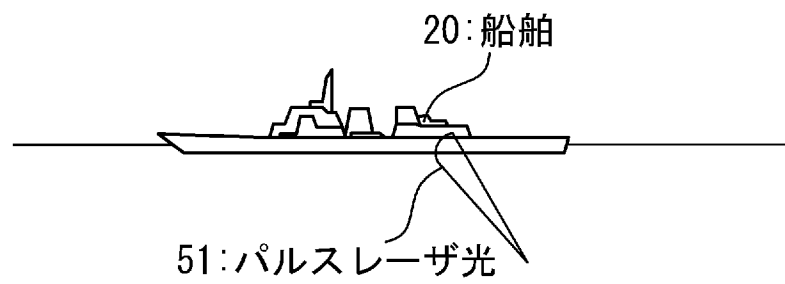
[図15B]



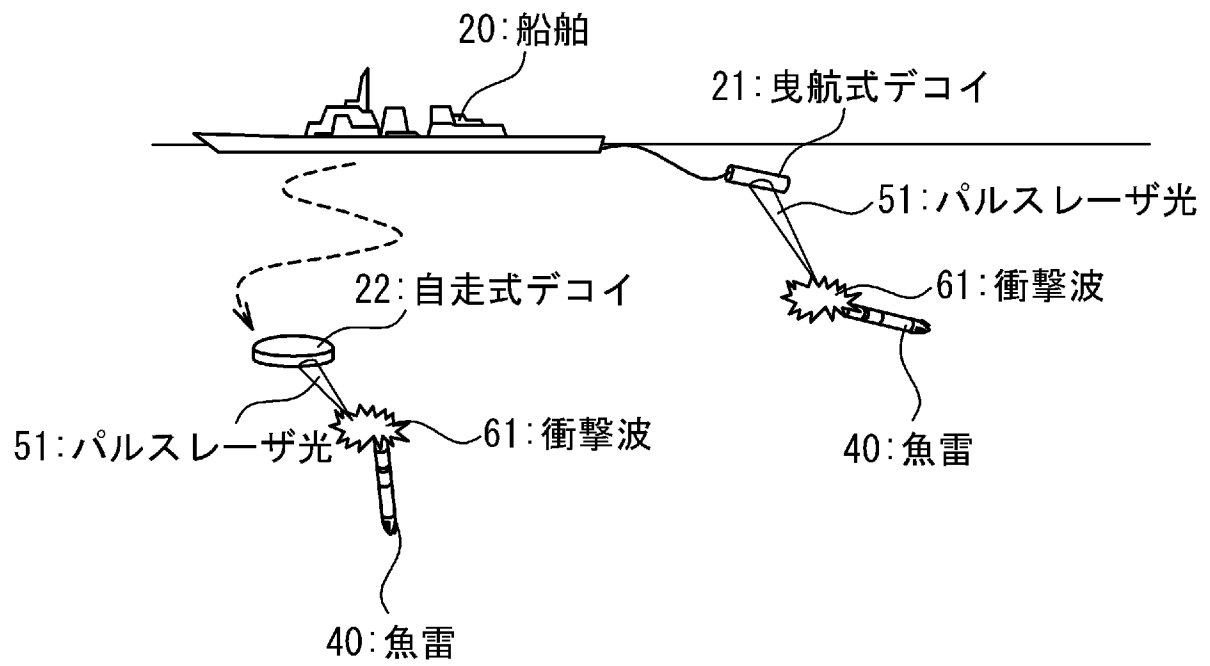
[図15C]



[図15D]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F41H13/00(2006.01) i, B63G13/00(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F41H13/00, B63G13/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2003/0233931 A1 (NEMTSEV, Igor Z.), 25 December 2003 (25.12.2003), fig. 1, 7; paragraphs [0008] to [0012], [0097] to [0099] (Family: none)	1-7, 10-13 8-9

☐ 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
04 April 2017 (04.04.17)

Date of mailing of the international search report
11 April 2017 (11.04.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F41H13/00(2006.01)i, B63G13/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F41H13/00, B63G13/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	US 2003/0233931 A1 (NEMTSEV, Igor Z.) 2003.12.25, 図1、7、 段落0008～0012、0097～0099（ファミリーなし）	1-7, 10-13 8-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

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

国際調査を完了した日

04.04.2017

国際調査報告の発送日

11.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

畔津 圭介

3D

3621

電話番号 03-3581-1101 内線 3341