

(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
2014 年 9 月 4 日(04.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/133184 A1

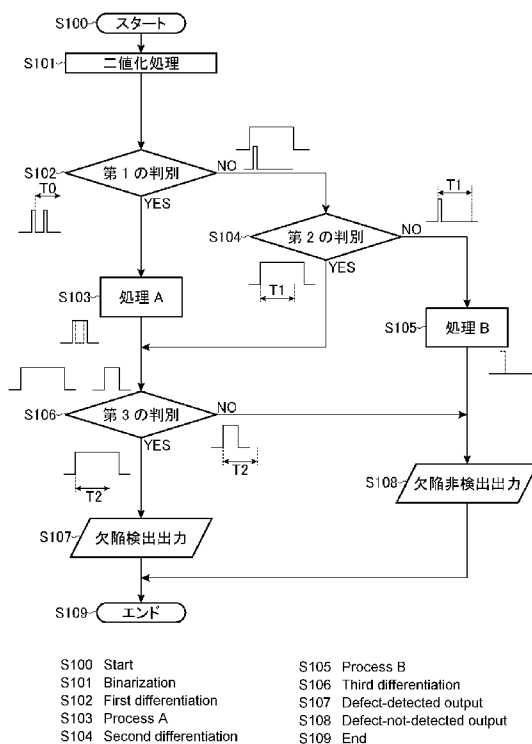
- (51) 国際特許分類:
G01M 3/06 (2006.01) B01D 65/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/055295 (74) 代理人: 辻居 幸一, 外(TSUJII Koichi et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内 3 丁目 3 番 1 号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 3 日(03.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.
- (30) 優先権データ:
特願 2013-040792 2013 年 3 月 1 日(01.03.2013) JP
- (71) 出願人: 三菱レイヨン株式会社(MITSUBISHI RAYON CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 平岡 康太郎(HIRAOKA Kotaro); 〒7390693 広島県大竹市御幸町 2 〇 番 1 号 三菱レイヨン株式会社 生産技術研究所内 Hiroshima (JP). 隅 敏則(SUMI Toshinori); 〒7390693 広島県大竹市御幸町 2 〇 番 1 号 三菱レイヨン株式会社 生産技術研究所内 Hiroshima (JP). 藤木 浩之(FUJIKI Hiroyuki); 〒7390693 広島県大竹市御幸

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR DETECTING DEFECT IN POROUS MEMBRANE, AND DEFECT INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 多孔質膜の欠陥検出方法および欠陥検査装置

FIG.8



(57) Abstract: In the present invention, a signal resulting from a defect in a porous membrane is accurately differentiated from a detected signal; in particular, a defect in a porous hollow-fiber membrane is correctly detected. A defect-detection method for a device for detecting a defect in a porous hollow-fiber membrane, the method having: a measurement step for measuring, at a prescribed sampling cycle, a signal from a light-receiving unit; a separation step for separating the measured signal into a signal portion caused by air bubbles from a defect, and a noise signal portion; and an output step for outputting, as a result of the defect inspection on the porous hollow-fiber membrane, the signal portion caused by air bubbles.

(57) 要約: 検出信号から多孔質膜の欠陥に由来する信号を的確に判別し、特に多孔質中空糸膜の欠陥を正確に検出する。多孔質中空糸膜の欠陥検査装置の欠陥検出方法であって、受光部からの信号を所定のサンプリング周期で計測する計測ステップと、計測された信号を欠陥からの気泡に由来する信号部分とノイズ信号部分に分離する分離ステップと、気泡に由来する信号部分を多孔質中空糸膜の欠陥検査結果として出力する出力ステップとを有する。



(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))

明 細 書

発明の名称：多孔質膜の欠陥検出方法および欠陥検査装置

技術分野

[0001] 本発明は多孔質膜、特に多孔質中空糸膜の欠陥を検出する欠陥検出方法および欠陥検査装置に関する。

背景技術

[0002] 水処理の際に濾過膜として用いられる多孔質膜、特に多孔質中空糸膜を製造する際、割れ、ピンホールなどの欠陥の有無が検査される。これまで多孔質中空糸膜の欠陥の有無を検査する装置として、液体を収容した高い密閉性を有する容器と、前記容器に収容した液体中を通過するように多孔質中空糸膜の走行を規制する規制手段と、前記容器の気相から空気を排気して容器内部を減圧する減圧手段と、多孔質中空糸膜の欠陥から液体中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段と、を有する欠陥検査装置が知られている。（例えば特許文献1参照。）この欠陥検査装置を使用した欠陥検査では、液体を収容した高い密閉性を有する容器における気相の空気を排気することで、該気相の圧力が低下し、それに伴って容器中の液体の圧力が低下するため、中空糸膜に欠陥があった場合には、液体中を走行する多孔質中空糸膜の中空部分の空気が欠陥から液体中に吸い出されて気泡が発生する。この多孔質中空糸膜の欠陥から発生した気泡を検出することで、多孔質中空糸膜の欠陥が間接的に検出できる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-218859号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような欠陥検査装置においては、多孔質中空糸膜の欠陥を検出するため、上述した容器に収容した液体中を通過する多孔質中空糸膜の欠陥から、

液体中に吸い出された気泡を気泡検出手段を用いて検出している。すなわち、気泡の検出信号を基に多孔質中空糸膜の欠陥を検出している。

[0005] しかしながら、容器に収容した液体中に混入した異物や、液体中の溶存気体から生じる気泡、容器内の水流により生じる微小気泡といった、多孔質中空糸膜の欠陥以外の要素に由来するノイズ信号が生じることがある。これらの要因によるノイズ信号が、誤って多孔質中空糸膜の欠陥による信号として判定されるおそれがある。このような誤検出は製品の製造効率に悪影響を及ぼす。

[0006] そこで、本発明は検出信号の中から多孔質膜の欠陥に由来する信号を的確に判別し、多孔質膜、特に多孔質中空糸膜の欠陥を正確に検知することのできる信号処理装置及び信号処理方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の目的を達成するため、本発明は、液体が収容された容器と、多孔質中空糸膜を連続的に通過させる中空糸膜走行流路、および該中空糸膜走行流路から分岐して一壁面に通じる分岐流路が、内部を貫通するように形成され、かつ前記中空糸膜走行流路の両端の開口が前記液体中に配置されて流路内が前記液体で満たされる流路部材と、前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体中を通過するように、前記多孔質中空糸膜の走行を規制する規制手段と、前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体を前記分岐流路を通じて吸引し、前記中空糸膜走行流路内の液体の圧力を低下させる液体吸引手段と、前記液体中に検査光を入射する出光部と、前記液体中を透過した検査光を受光する受光部とを有し、前記多孔質中空糸膜の欠陥から前記液体中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段と、を有する多孔質中空糸膜の欠陥検査装置の欠陥検出方法であって、前記受光部からの信号を所定のサンプリング周期で計測する計測ステップと、前記計測された信号を欠陥からの気泡に由来する信号部分とノイズ信号部分に分離する分離ステップと、気泡に由来する信号部分を多孔質中空糸膜の欠陥検査結果として出力する出力ステップと、を有することを特徴とする。

[0008] また、本発明は、好ましくは、前記分離ステップが、前記計測された信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する二値化ステップと、前記二値化ステップによって二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したとき、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する第 1 の判別ステップと、前記第 1 の判別ステップにおいて前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わったと判別された場合は、前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する第 1 の処理ステップと、前記第 1 の判別ステップにおいて前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わらなかったと判別された場合、信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第 2 の判別ステップと、前記第 1 の処理ステップで補正された信号及び前記第 2 の判別ステップにおいて信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していると判別された信号について、更に信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第 3 の判別ステップと、を有することを特徴とする。

[0009] また、本発明は、好ましくは、前記出力ステップが、前記第 3 の判別ステップで信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していると判別された場合、多孔質膜の欠陥として検査結果を出力することを特徴とする。

[0010] また、本発明は、好ましくは、前記第 2 の判別ステップで信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していないと判別された場合、当該信号強度 1 の部分を信号強度 0 に補正処理する第 2 の処理ステップを更に有することを特徴とする。

[0011] また、本発明は、好ましくは、前記第 3 の判別ステップで信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別された場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力することを特徴とする。

[0012] また、本発明は、好ましくは、前記分離ステップが、前記計測された信号に移動平均化処理を行うステップを有することを特徴とする。

[0013] また、本発明は、液体が収容された容器と、多孔質中空糸膜を連続的に通過させる中空糸膜走行流路、および該中空糸膜走行流路から分岐して一壁面に通じる分岐流路が、内部を貫通するように形成され、かつ前記中空糸膜走行流路の両端の開口が前記液体中に配置されて流路内が前記液体で満たされる流路部材と、前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体中を通過するように、多孔質中空糸膜の走行を規制する規制手段と、前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体を前記分岐流路を通じて吸引し、前記中空糸膜走行流路内の液体の圧力を低下させる液体吸引手段と、前記液体中に検査光を入射する出光部と、前記液体中を透過した検査光を受光する受光部とを有し、前記多孔質中空糸膜の欠陥から前記液体中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段と、前記受光部からの信号を所定のサンプリング周期で計測する計測手段と、前記計測された信号を欠陥からの気泡に由来する信号部分とノイズ信号部分に分離する分離手段と、気泡に由来する信号部分を多孔質中空糸膜の欠陥検査結果として出力する出力手段を備えた検出処理手段と、を有することを特徴とする。

[0014] また、本発明は、好ましくは、前記分離手段はさらに、前記計測手段が計測した信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する二値化手段と、前記二値化手段によって二値化された信号について、ある時点から所定時間が経過する間の前記二値化された信号の信号強度の変化について判別する判別手段と、前記判別手段の判別結果に応じて、前記二値化された信号について信号強度を 0 から 1 に又は 1 から 0 に補正処理する処理手段と、を有し、前記出力手段は、前記判別手段の判別結果に応じて信号を出力し、前記判別手段は、前記二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する第 1 の判別ステップを実行し、前記第 1 の判別ステップにおいて、前記有効無効判別時間以内に信号強度

1 に変わったと前記判別手段が判別した場合は、前記処理手段が前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから、前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する第 1 の処理ステップを実行し、前記第 1 の判別ステップにおいて、前記有効無効判定時間以内に信号強度 1 に変わらなかったと前記判別手段が判別した場合、前記判別手段は信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第 2 の判別ステップを実行し、前記第 1 の処理ステップで前記処理手段が補正した信号及び前記第 2 の判別ステップにおいて信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していると前記判別手段が判別した信号について、更に前記判別手段は信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第 3 の判別ステップを実行することを特徴とする。

[0015] また、本発明は、好ましくは、前記第 3 の判別ステップにおいて、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していると前記判別手段が判別した場合、前記出力手段が多孔質膜の欠陥として検査結果を出力することを特徴とする。

[0016] また、本発明は、好ましくは、前記判別手段が、前記第 2 の判別ステップにおいて、信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が第 2 の判別時間以上継続していないと判別した場合、前記処理手段は当該信号強度 1 の部分を信号強度 0 に補正処理することを特徴とする。

[0017] また、本発明は、好ましくは、前記判別手段が、前記第 3 の判別ステップにおいて、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別した場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力することを特徴とする。

[0018] また、本発明は、好ましくは、前記分離手段は、前記計測された信号に移動平均化処理を行うことを特徴とする。

[0019] また、本発明は、好ましくは、前記分離ステップが、前記計測された信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する

二値化ステップと、前記二値化ステップで二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したとき、信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第 1 の判別ステップと、前記第 1 の判別ステップで信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していなかったと判別された信号について、更に、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する第 2 の判別ステップと、前記第 2 の判別ステップで前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わったと判別された場合は、前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する第 1 の処理ステップと、前記第 1 の判別ステップで信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続していると判別された信号及び前記第 1 の処理ステップで補正された信号について、更に信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第 3 の判別ステップとを有することを特徴とする。

[0020] また、本発明は、好ましくは、前記出力ステップは、前記第 3 の判別ステップで信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していると判別された場合、多孔質膜の欠陥として検査結果を出力することを特徴とする。

[0021] また、本発明は、好ましくは、前記第 2 の判別ステップで前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わらなかったと判別された場合は、前記信号強度 1 の部分を信号強度 0 に補正処理する第 2 の処理ステップを更に有することを特徴とする。

[0022] また、本発明は、好ましくは、前記第 3 の判別ステップで信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別された場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力することを特徴とする。

[0023] また、本発明は、好ましくは、前記分離手段はさらに、前記計測手段が計測した信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する二値化手段と、前記二値化手段によって二値化された信号につい

て、ある時点から所定時間が経過する間の前記二値化された信号の信号強度の変化について判別する判別手段と、前記判別手段の判別結果に応じて、前記二値化された信号について信号強度を 0 から 1 に又は 1 から 0 に補正処理する処理手段と、を有し、前記出力手段は、前記判別手段の判別結果に応じて信号を出力し、前記判別手段は、前記二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したとき、信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第 1 の判別ステップを実行し、前記判別手段は、前記第 1 の判別ステップにおいて、前記判別手段が、信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していなかったと判別した信号について、更に信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する第 2 の判別ステップを実行し、前記第 2 の判別ステップで前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わったと前記判別手段が判別した場合は、前記処理手段が前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する第 1 の処理ステップを実行し、前記第 1 の判別ステップで信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続していると前記判別手段が判別した信号及び前記第 1 の処理ステップで前記処理手段が補正した信号について、更に前記判別手段は信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第 3 の判別ステップを実行することを特徴とする。

[0024] また、本発明は、好ましくは、前記第 3 の判別ステップにおいて、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していると前記判別手段が判別した場合、前記出力手段が多孔質膜の欠陥として検査結果を出力することを特徴とする。

[0025] また、本発明は、好ましくは、前記判別手段が、前記第 2 の判別ステップにおいて、前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わらなかったと判別した場合、前記処理手段は前記信号強度 1 の部分を信号強度 0 に補正処理す

ることを特徴とする。

[0026] また、本発明は、好ましくは、前記判別手段が、前記第3の判別ステップにおいて、信号強度1の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別した場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力することを特徴とする。

[0027] また、本発明は、好ましくは、前記分離ステップが、前記計測された信号を所定の閾値を用いて信号強度1と信号強度0とからなる信号に二値化する二値化ステップと、前記二値化ステップで二値化された信号が、信号強度1から信号強度0へ変化したとき、信号強度1から信号強度0に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度0から再び信号強度1に変わるか否かを判別する有効無効判別ステップと、前記有効無効判別ステップで信号強度1から信号強度0に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度0から再び信号強度1に変化したと判別された場合、前記信号強度1から信号強度0に変化したときから前記信号強度0から再び信号強度1に変化したときまでの間の信号強度を1に補正処理する処理ステップと、前記有効無効判別ステップ及び前記処理ステップの対象とならなかった信号、及び、前記処理ステップで補正された信号について、それぞれ信号強度1の状態が所定の最小継続時間以上、継続しているか否かを判別する最小継続時間判別ステップと、を有することを特徴とする。

[0028] また、本発明は、好ましくは、前記最小継続時間判別ステップで、信号強度1の状態が前記最小継続時間以上、継続していると判別された場合、多孔質膜の欠陥として検査結果を出力することを特徴とする。

[0029] このように構成された本発明においては、ノイズ信号の影響を抑え、多孔質膜、特に多孔質中空糸膜の欠陥を的確に検知することが可能となる。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、検出信号の中から多孔質膜の欠陥に由来する信号を的確に判別し、多孔質膜、特に多孔質中空糸膜の欠陥を正確に検知することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の多孔質中空糸膜の欠陥検査装置の一例を示した正面模式図である。

[図2]図1の多孔質中空糸膜の欠陥検査装置における流路部材の斜視図である。

[図3]図2の流路部材を直線I-I'に沿って切断した断面図である。

[図4]図2の流路部材を直線II-II'に沿って切断した断面図である。

[図5]上蓋裏面に空間拡大部が形成された他の実施形態の流路部材を図4と同様に切断した断面図である。

[図6]図4の流路部材を直線III-III'に沿って切断した断面図である。

[図7]図4の流路部材を直線IV-IV'に沿って切断した断面図である。

[図8]本発明の第1の実施形態に係る欠陥検出方法を示すフローチャート図である。

[図9]本発明の欠陥検査装置の受光部により検出された信号とその信号を二値化した信号とを示す図である。

[図10]本発明の第2の実施形態に係る欠陥検出方法を示すフローチャート図である。

発明を実施するための形態

[0032] <多孔質中空糸膜の欠陥検査装置>

多孔質中空糸膜の欠陥検査装置の一実施形態を示して詳細に説明する。多孔質中空糸膜の欠陥検査装置1（以下、単に「欠陥検査装置1」という。）は、図1～4に示すように、液体Lが収容された容器10と、流路部材20を有している。流路部材20は流路内が液体Lで満たされており、多孔質中空糸膜Mを通過させる中空糸膜走行流路21が流路部材20を貫通するように形成されている。中空糸膜走行流路21は両端に開口21a、21bを有し、これらの開口21a、21bは液体L中に配置されている。また、流路部材20は空間拡大部22を有し、この空間拡大部22の部分に、中空糸膜走行流路21から分岐する分岐流路23が、内部を貫通するように形成され

ている。さらに、欠陥検査装置 1 は、流路部材 20 の中空糸膜走行流路 21 および空間拡大部 22 内の液体 L 中を通過するように、多孔質中空糸膜 M の走行を規制する規制手段 30 と、流路部材 20 の中空糸膜走行流路 21 内の液体 L を空間拡大部 22 から分岐流路 23 を通じて吸引し、中空糸膜走行流路 21 内の液体 L の圧力を低下させる液体吸引（減圧）手段 40（以下、液体吸引手段 40 とする）と、多孔質中空糸膜 M の欠陥から液体 L 中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段 50 とを有している。また、欠陥検査装置 1 は、容器 10 に液体 L が流入する液体流入ライン 60 を有している。液体流入ライン 60 は、一端が液体供給源（図示せず）と接続され、他端が容器 10 に接続され、前記液体供給源から液体が流入する液体供給ライン 61 と、一端が流路部材 20 の分岐流路 23 と接続され、他端が容器 10 に接続され、流路部材 20 の分岐流路 23 から吸い出された液体 L が容器 10 に流入して循環される液体循環ライン 63、とを有している。液体吸引手段 40 は、液体循環ライン 63 の途中に設けられており、分岐流路 23、液体循環ライン 63 を通じて、中空糸膜走行流路 21 内の液体 L を吸引できるようになっている。

[0033] 容器 10 は、上述したように液体 L が収容される容器であり、本実施形態では、この収容した液体 L 中に流路部材 20 が浸漬される。容器 10 の材質は、湿気や液体 L で腐食したり、液体 L に侵されたりしない素材であれば特に限定されず、例えば、ポリエステル、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、ポリアミド、ポリプロピレン、ポリアセタールなどの樹脂、鉄、アルミニウム、銅、ステンレス、ニッケル、チタンなどの金属や合金類、または、これらの複合材料などが挙げられる。容器 10 の形状および大きさは、流路部材 20 を浸漬でき、流路部材 20 の両端の開口 21 a、21 b から容器 10 内の液体 L が吸い込まれる際、渦が発生して液面から空気を吸引しないような液深を確保できるものであればよい。

[0034] 容器 10 は液体供給源（図示せず）と、液体供給ライン 61 により接続されており、液体供給ライン 61 の途中には脱泡手段 64 および脱気手段 65

が設けられている。容器 10 には、液体供給源から液体供給ライン 61 を通じて液体 L が供給される。また、供給される液体 L 中の気泡は脱泡手段 64 により除去される。これにより、供給される液体 L に含まれる気泡による誤検出を抑制できるので、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡の検出の信頼性が向上する。また、溶存気体は脱気手段 65 により除去される。これにより、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡の検出の信頼性がさらに向上する。脱泡手段 64 および脱気手段 65 としては、容器 10 に供給する液体 L 中の気泡や溶存気体を気泡検出に影響が出ない程度に除去できるものであればよく、例えば、脱泡手段 64 としては、異物の除去も兼ねることが可能な過精度が 0.1 μm 程度の分離膜などを用いた濾過モジュールなど、液体 L 中の気泡を分離できるものが挙げられる。また、脱気手段 65 としては、ガス分離用膜などを用いた脱気モジュールに減圧手段 66 を組み合わせたものなど、液体 L 中の溶存気体を脱気できるものが挙げられる。

[0035] また、容器 10 には、オーバーフロー用の排液口が形成されており、容器 10 に収容された液体 L が液体排出ライン 62 を通じてオーバーフローされ、容器 10 内の液体 L の液面が一定に保たれるようになっている。本実施形態のように、液体循環ライン 63 の途中に脱泡手段 67 を設置することが好ましい。これにより、容器 10 内を循環する液体 L に混入した異物や、流路部材 20 および液体吸引手段 40 内で液体 L 中に発生した気泡となった溶存気体を効率よく除去することができ、循環される液体 L に含まれる気泡による誤検出を抑制できる。液体供給ライン 61 に設けた脱泡手段 64 や、液体循環ライン 63 に設けた脱泡手段 67 は単独使用でも効果はあるが、両者を併用することが好ましい。また、脱泡手段 67 は、気泡を分離したが蓄積する部分に排水口を設け、常時適量の液体 L を容器 10 外に排出させたり、液面計により液面を検知し電磁弁等によって間欠的に排出することで、気体が脱泡手段 67 内に溜まって液体濾過面積が減少することを防ぐことができる。脱泡手段 67 としては、脱泡手段 64 で挙げたものと同じものが挙げられ

る。また、気泡の検出の信頼性をさらに向上させるために、液体循環ライン 63 に脱気手段を設けてもよい。

[0036] 液体Lとしては、例えば、水や、ぬれ張力試験試薬として用いられるメタノール、エタノール、ホルムアミド、もしくはこれらと水の混合液などが挙げられる。表面張力の大きさが検出できる欠陥の大きさに影響することから、表面張力特性が正確に知られている液体が好ましく、取り扱いや排水処理の面から水（28℃における表面張力73.0mN/m程度）が特に好ましい。また、温度や混合比などを調節して、表面張力を調節した水とメタノールとの混合物を液体Lとして使用してもよい。また、多孔質中空糸膜の製造ライン中に欠陥検出装置を組み込み、多孔質中空糸膜の製造ライン上で連続的に欠陥を検出する場合は、例えば、多孔質中空糸膜の洗浄に使用する液体（例えば、純水）を液体Lとして使用してもよい。つまり、容器10が、紡糸後の多孔質中空糸膜を洗浄する洗浄装置における、洗浄液を収容する容器であってもよい。なお、検査中に多孔質中空糸膜から液体Lの表面張力を低下させる物質が流出し、液体Lの表面張力が低下するような場合、液体Lの表面張力をモニターし、容器10への水の供給量を制御することで液体Lの表面張力を一定に保つような機構を有することが好ましい。

[0037] 図1や図3、図4に示すように、流路部材20には、多孔質中空糸膜Mを通過させる中空糸膜走行流路21と、中空糸膜走行流路21から分岐している分岐流路23とが、内部を貫通するように形成されている。中空糸膜走行流路21の中央部分には、流路の幅が拡張された空間拡大部22が設けられており、空間拡大部22の部分で分岐流路23が分岐している。本実施形態では、流路部材20が容器10に収容された液体L中に浸漬されることで、中空糸膜走行流路21の両端の開口21a、21bが液体L中に配置され、それにより開口21a、21bから液体Lが流入して、空間拡大部22を含む中空糸膜走行流路21全体と分岐流路23の内部が液体Lで満たされる。分岐流路23は液体循環ライン63を通じて液体吸引手段40と接続されており、液体吸引手段40によって、中空糸膜走行流路21内の液体Lを空間

拡大部 22 から分岐流路 23 を通じて吸引できるようになっている。これにより、中空糸膜走行流路 21 内で多孔質中空糸膜 M の外周部と中空糸膜走行流路 21 の壁面の間を流動する液体 L の流動圧力損失によって、中空糸膜走行流路 21 内の内部の液体 L の圧力を低下させることができる。中空糸膜走行流路 21 内の液体 L の圧力は、空間拡大部 22 における分岐流路 23 との接続部分で最も低くなる。欠陥検査装置 1 は、このように流路部材 20 の流路内が液体 L で満たされ、かつ中空糸膜走行流路 21 内の液体 L が空間拡大部 22 から分岐流路 23 に向かって吸引され続けることで、減圧状態に維持されている中空糸膜走行流路 21 内に、多孔質中空糸膜 M を連続的に走行させるようになっている。

[0038] 本実施形態の流路部材 20 は、図 2～4、図 6 および図 7 に示すように、中央に空間拡大部 22 を有する中空糸膜走行流路 21 を形成する溝と、分岐流路 23 が形成された流路部材本体 20 a の上部が、上蓋部 20 b によって閉じられることで形成されている。流路部材本体 20 a と上蓋部 20 b は、特別な機構を有していなくても、液体吸引手段 40 による吸引によって中空糸膜走行流路 21 および分岐流路 23 内の液体 L の圧力が低下することで、流路部材本体 20 a と上蓋部 20 b が互いに密着固定される。このような構成を採用すると、仮に多孔質中空糸膜 M が中空糸膜走行流路 21 の内部に詰まった場合でも、上蓋部 20 b を開放することで多孔質中空糸膜 M を流路部材本体 20 a から容易に取り除くことができる。流路部材本体 20 a と上蓋部 20 b に、それらを閉じるための機構を設けてもよい。また、中空糸膜走行流路 21 を形成する溝と分岐流路 23 が形成された流路部材本体 20 a の上部が、上蓋部 20 b によって閉じられることで流路部材 20 を形成する場合、流路部材本体 20 a と上蓋部 20 b の合わせ面から僅かでも外気が吸引されて液体 L に混入すると、その気泡を欠陥と誤検出してしまう場合がある。この問題を防ぐため、流路部材本体 20 a と上蓋部 20 b の合わせ面の気密性を十分に確保する構造を採用することや、流路部材本体 20 a と上蓋部 20 b の合わせ面の接合線全体を液体 L 中に浸漬させ、たとえ流路部材本体

20aと上蓋部20bの合わせ面の気密性が損なわれても液体Lが吸引され、外気が吸引されない構造とすることが挙げられる。また、後述する本実施形態の信号処理及び欠陥検出方法を適用することで、より精度の高い検出を行なうことが可能となる。

[0039] 中空糸膜走行流路21の断面形状は、空間拡大部22を有する中空糸膜走行流路21を形成する溝が形成された流路部材本体20aの上部が、上蓋部20bによって閉じられることで形成される場合、流路の形成が容易な点から、図6に示すように、矩形が好ましい。また、中空糸膜走行流路21の断面形状が矩形であれば、断面形状が円形の場合に比べて、多孔質中空糸膜Mが流路の壁面と接触したとしてもその接触面積がより小さく、損傷が生じ難い点でも有利である。また、流路部材本体20a側と上蓋部20bの合わせ面の両方に半円形の溝を形成し、それらを閉じ合わせることで円形流路を形成した場合に比べ、中空糸膜走行流路21の断面形状を矩形とし、その一辺を上蓋部20bの底部によって形成すると、流路を形成する溝の形成は流路部材本体20a側のみでよく、上蓋部20bの合わせ面をフラットにすることができる。このようにすると、流路加工が容易で、流路部材本体20aと上蓋部20bの精密な位置合わせは不要である。また、流路内に多孔質中空糸膜Mを配置する際、多孔質中空糸膜Mを流路部材本体20aに形成した溝内に完全に入り込ませることができると、上蓋部20bを閉じる際に合わせ面に多孔質中空糸膜Mを挟みこんでしまうおそれなくなる。中空糸膜走行流路21の断面形状が三角形の場合も、その一辺を上蓋部20bの底部によって形成すると矩形の場合と同じ効果が得られる。ただし、中空糸膜走行流路21の断面形状は、矩形、三角形には限定されず、五角形以上の多角形や円形などであってもよい。

[0040] 中空糸膜走行流路21の壁面と多孔質中空糸膜Mの隙間は、多孔質中空糸膜Mの直径の5%～40%が好ましく、10%～20%がより好ましい。中空糸膜走行流路21の隙間が前記下限値以上であれば、多孔質中空糸膜Mが中空糸膜走行流路21の壁面との接触による表面損傷や、多孔質中空糸膜M

の走行抵抗が増大することを抑制しやすい。中空糸膜走行流路 2 1 の隙間が前記上限値以下であれば、中空糸膜走行流路 2 1 内において、液体 L の流動によって多孔質中空糸膜 M に振動や屈曲が起こって多孔質中空糸膜 M の走行抵抗が増大することを防ぐことができ、多孔質中空糸膜 M が走行する中空糸膜走行流路 2 1 内の液体 L の圧力を、所定の圧力に低下させるのに必要な液体吸引手段 4 0 による液体 L の吸引量を抑制しやすい。中空糸膜走行流路 2 1 の空間拡大部 2 2 以外の部分の幅 d 1 は、多孔質中空糸膜 M の直径の 1 1 0 % ~ 1 8 0 % が好ましく、1 2 0 % ~ 1 4 0 % がより好ましい。中空糸膜走行流路 2 1 の空間拡大部 2 2 以外の部分の高さ d 2 も同様に、多孔質中空糸膜 M の直径の 1 1 0 % ~ 1 8 0 % が好ましく、1 2 0 % ~ 1 4 0 % がより好ましい。

[0041] また、中空糸膜走行流路 2 1 の内壁面は、多孔質中空糸膜 M が接触した場合でも多孔質中空糸膜 M の表面が損傷しないように、精密研削仕上げや研磨仕上げ、梨地仕上げ等によって滑らかに仕上げるのが好ましく、中空糸膜走行流路の内壁面の仕上げは同一であっても異なってもよい。またそれに加え、多孔質中空糸膜 M との摩擦抵抗を低減させるフッ素系コーティングやダイヤモンドライクカーボンコーティングなどを施すのが更に好ましい。

[0042] なお、中空糸膜走行流路 2 1 の断面形状は、矩形の場合は正方形、三角形の場合は正三角形や円形が好ましい。中空糸膜走行流路 2 1 の断面形状を正多角形や円形にすると、中空糸膜走行流路 2 1 内の多孔質中空糸膜 M の周囲を流動する液体 L の流動状態が、多孔質中空糸膜 M の中心軸に対して軸対称状態となり、中空糸膜走行流路 2 1 内の多孔質中空糸膜 M の走行状態が安定になりやすい。

[0043] 中空糸膜走行流路 2 1 の長さ D (図 3) は、検査速度 (多孔質中空糸膜 M の走行速度) などによっても異なるが、1 0 0 mm ~ 2 0 0 0 mm が好ましく、3 0 0 mm ~ 1 0 0 0 mm がより好ましい。中空糸膜走行流路 2 1 の長さ D が前記下限値以上であれば、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡の検出が容易になる。中空糸膜走行流路 2 1 の長さ D が前記上限値以下

であれば、多孔質中空糸膜Mの走行抵抗や欠陥検査装置1が過大になることを抑制しやすい。

[0044] 開口21b、開口21aから分岐流路23までの距離及び流路の構造は、同じであっても異なってもよく、所望の条件に応じて適宜選定すればよい。開口21b、開口21aから分岐流路23までの流路の構造は、分岐流路23に対して対称構造であることが好ましい。このような構造とすると、液体Lを分岐流路23から液体吸引手段40により吸引した際、開口21b、開口21aから分岐流路23までの液体Lの圧力分布が分岐流路23に対して対称となるため、中空糸膜走行流路21および空間拡大部22内で多孔質中空糸膜Mの欠陥から気泡が出始める位置と、気泡が出なくなる位置が分岐流路23を挟んで対称となる。これにより、走行する多孔質中空糸膜Mの欠陥から液体L中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段50によって、気泡が検出され始めた時間、気泡が検出されなくなった時間、および多孔質中空糸膜Mの走行速度から、多孔質中空糸膜Mの欠陥位置を精度良く同定することができる。

[0045] 空間拡大部22の幅w1および高さh（図3および図7）は、中空糸膜走行流路21の空間拡大部22以外の部分の幅d1および高さd2よりも広い。中空糸膜走行流路21における空間拡大部22とそれ以外の接続部分は鋭角部がないよう滑らかに仕上げられていることが好ましい。鋭角部をなくすることで、その部分を液体Lが流動する際に渦やキャビテーションの発生源となることを防ぎ、減圧泡の発生や多孔質中空糸膜Mの振動などが発生することを抑制しやすくなる。同様の理由で、分岐流路23と空間拡大部22の接続部分も鋭角部がないよう滑らかに仕上げられていることが好ましい。

[0046] 開口21a、21bから中空糸膜走行流路21内に流入した液体Lは、多孔質中空糸膜Mの周囲を分岐流路23に向かって流動し、多孔質中空糸膜Mの周囲から空間拡大部22内に流入する。このとき、空間拡大部22内において、多孔質中空糸膜Mよりも分岐流路23側に流入してきた液体Lは、空間拡大部22内を分岐流路23に向かって障害なく流動する。一方、空間拡

大部22内において、多孔質中空糸膜Mの分岐流路23の反対側に流入してきた液体Lは、分岐流路23へと流動するためには多孔質中空糸膜Mと空間拡大部22の壁面との隙間を通過しなければならない。多孔質中空糸膜Mと空間拡大部22の隙間を液体Lが流動する際に流動圧損が生じると、多孔質中空糸膜Mの分岐流路23側に対して、その反対側の液体Lの圧力が上昇する。この圧力上昇が大きいほど、空間拡大部22内で多孔質中空糸膜Mは分岐流路23側に向かって大きく屈曲することになり、多孔質中空糸膜Mの走行抵抗の上昇や、中空糸膜走行流路21と空間拡大部22の接続部分での多孔質中空糸膜Mの表面損傷の原因となり得る。

[0047] このような現象を抑制する方法としては、例えば、空間拡大部22の幅 w_1 （図3）を中空糸膜走行流路21の空間拡大部22以外の部分の幅 d_1 より大きくする方法、空間拡大部22の長さ f （図3）を長くする方法などが挙げられる。空間拡大部22の幅 w_1 は、中空糸膜走行流路21の空間拡大部22以外の部分の幅 d_1 に対して2倍以上が好ましい。これにより、多孔質中空糸膜Mと空間拡大部22の隙間の断面積が拡大し、液体Lが流動する際の流動圧損を大きく減少させることができる。空間拡大部22の長さ f は、多孔質中空糸膜Mの直径の2倍～20倍程度が好ましく、4倍～10倍程度がより好ましい。空間拡大部22の長さ f が下限値以上であれば、多孔質中空糸膜Mと空間拡大部22の隙間の断面積が拡大し流動圧損が低下する。空間拡大部22の長さ f が上限値以下であれば、規制手段30による多孔質中空糸膜Mの支持間隔が広がることで多孔質中空糸膜Mが分岐流路23側に屈曲することを抑制しやすい。

[0048] 空間拡大部22の幅 w_1 が前記下限値以上で、かつ空間拡大部22の長さ f が前記上限値以下であれば、多孔質中空糸膜Mと空間拡大部22の隙間の液体Lが流動する際の流動圧損を減少させ、かつ多孔質中空糸膜Mが空間拡大部22内で分岐流路23側に向かって大きく屈曲することを防ぐことが容易になり、中空糸膜走行流路21および空間拡大部22内の多孔質中空糸膜Mの走行状態をより良好に維持できる。

[0049] また、流路部材 20 は、図 5 に示すように、流路部材本体 20a に中空糸膜走行流路 21 を形成する溝を形成し、上蓋部 20b の合わせ面の空間拡大部 22 に相当する部分に、流路部材本体 20a に形成した空間拡大部 22 の溝と同じ平面形状で深さが多孔質中空糸膜 M の直径の 2 倍程度の空間拡大溝 22b を形成したものを閉じた流路部材 20A であってもよい。このように、空間拡大部 22 における分岐流路 23 と反対側の空間容積を増やすと、多孔質中空糸膜 M と空間拡大部 22 の隙間を流動する液体 L の流速分布が低減され、発生する流動圧損を低減することもできる。

[0050] 中空糸膜走行流路 21 内の液体 L の圧力は、両方の開口 21a、21b の部分から流路の内部に向かうほど低下し、中空糸膜走行流路 21 における空間拡大部 22 の流路が分岐している部分、すなわち液体 L が吸引される分岐流路 23 の入口部分で最も低くなる。空間拡大部 22 の幅 W1 および高さ h が大きいほど、空間拡大部 22 内の液体 L の流動圧損が小さくなり、長さ f 方向での圧力変化量が少なくなるうえ、空間拡大部 22 の内部をより高い減圧度にすることができる。そのため、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出される気泡を検出する際、高い減圧度でしか気泡が発生しない欠陥からも十分な気泡を発生させることが容易になり、気泡検知時間を長く取ることができることで、欠陥検出の分解能が向上する。空間拡大部 22 の高さ h は、空間拡大部 22 の幅 w1 の 1 ～ 10 倍が好ましい。空間拡大部 22 の高さ h が下限値以上であれば、空間拡大部 22 内の長さ f 方向での圧力変化量がより少なくなる。空間拡大部 22 の高さ h が上限値以下であれば、空間拡大部 22 内の容積増加による液体 L の置換時間の増加や、滞留部の増大に起因する気泡の検知精度や検査速度の低下を抑制しやすい。

[0051] 分岐流路 23 の断面形状は、内部を流動する液体 L の断面流速分布が回転対称となり、液体 L に混入した気泡の流動位置がより安定する点から、円形が好ましい。ただし、分岐流路 23 の断面形状は円形には限定されず、矩形など、液体 L や気泡を流すことが可能であれば、どのような形状でもよく所望の条件に応じて適宜選定すればよい。流路部材 20 の材質としては、液体

Ｌで腐食したり、液体Ｌに侵されたりしない素材であれば特に制限はなく、例えば、ポリエステル、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、ポリアミド、ポリプロピレン、ポリアセタール、フッ素、ポリエーテルエーテルケトンなどの樹脂、鉄、アルミニウム、銅、ニッケル、チタン、ステンレスなどの金属や合金類、またはこれらの複合材料などが挙げられる。

[0052] 規制手段３０は、４つのガイドロール３１～３４から構成されている。多孔質中空糸膜Ｍは、これらガイドロール３１～３４によって走行を規制され、図１に示すように、連続的に、容器１０に収容された液体Ｌ中に引き込まれ、開口２１ａから流路部材２０の中空糸膜走行流路２１内に導入され、中空糸膜走行流路２１内の液体Ｌ中を通過して開口２１ｂから導出された後、液体Ｌの外部へと引き出されるようになっている。規制手段３０におけるガイドロール３１～３４としては、多孔質中空糸膜の製造に通常使用されるガイドロールが使用できる。

[0053] 液体吸引手段４０は、中空糸膜走行流路２１内の液体Ｌを空間拡大部２２から分岐流路２３を通じて吸引し、中空糸膜走行流路２１内の液体Ｌの圧力を低下させるものである。本実施形態では、液体吸引手段４０が液体循環ライン６３を通じて分岐流路２３と接続されており、中空糸膜走行流路２１の空間拡大部２２内から、分岐流路２３、液体循環ライン６３を通じて液体Ｌを吸引できるようになっている。また、吸引された液体Ｌは、液体循環ライン６３を通じて容器１０内に戻されるようになっている。ただし、本発明の欠陥検査装置はこの形態には限定されず、液体吸引手段４０によって吸引した液体Ｌを廃棄する形態であってもよい。

[0054] 液体吸引手段４０としては、中空糸膜走行流路２１の空間拡大部２２内の液体Ｌを分岐流路２３を通じて吸引できるものであればよく、例えば、ギヤポンプやカスケードポンプなどが挙げられる。特にマグネットカップリングのようなシールレスタイプのポンプは、ポンプ回転軸が外気と遮断されているため、高減圧状態の液体Ｌにシール部から外気が漏入して、液体Ｌ中に微細な気泡となって容器１０に流入するおそれがない点で特に好ましい。液体

吸引手段40は、所望の減圧度を得るために、調整手段が必要となる。この調整手段は減圧度の調整が可能であればどのような手段を用いても良い。例えば、バイパス配管を設け、手動調整や自動調整を用いる方法がある。中でも、インバーターにより液体吸引手段40の回転速度を制御する方法は、液体Lの循環ラインがシンプルとなり、調整も容易なことから好ましい。また、図1に示すように、液体循環ライン63における液体吸引手段40の上流に圧力計68を設け、該圧力計68の出力をインバーターにフィードバックして液体吸引手段40のポンプ回転速度などを自動制御できるようにすることがより好ましい。

[0055] 気泡検出手段50は、多孔質中空糸膜Mから液体L中に吸い出された気泡を検出する手段である。多孔質中空糸膜Mの欠陥から液体L中に吸い出された気泡を検出することで、多孔質中空糸膜Mの欠陥を間接的に検出できる。気泡検出手段50としては気泡の検出が可能であればどのようなものを用いてもよい。なかでも、複数の検出を行う際、センシング部が小さく、コンパクトに設置可能な光電センサーが好ましい。具体的には、例えば、アンプ内蔵型のオムロン製（型式E3X-D A11AN-S）やキーエンス製（型式FS-N11N（FS-N10シリーズ））のファイバーセンサーなどが挙げられる。

[0056] 本装置では、気泡検出手段が、中空糸膜走行流路と液体吸引手段の間に設置されていることが好ましい。具体的には、本実施形態では、分岐流路23における空間拡大部22側の開口端と分岐流路23の外壁面側の開口端の間、または分岐流路23の外壁面側の開口端から液体吸引手段までの配管の途中に設置されていることが好ましい。中空糸膜走行流路の部分に気泡検出手段を設けて、多孔質中空糸膜から吸い出される気泡を検出してもよいが、中空糸膜走行流路において多孔質中空糸膜の欠陥から気泡が吸い出される位置は欠陥の大きさ、液体の減圧の程度などによって異なる。また、特に生産性を高めるために多孔質中空糸膜の走行速度が高い場合には、気泡が多孔質中空糸膜から離れるまで、該気泡が多孔質中空糸膜と共に高速で移動すること

になる。そのため、この場合、中空糸膜走行流路内で多孔質中空糸膜から発生する気泡を安定して検出するには、中空糸膜走行流路の流路軸に沿って複数の気泡検出手段を設ける必要がある。一方、中空糸膜走行流路を通過している多孔質中空糸膜の欠陥から吸い出された気泡は、吸引によって流動する液体と共に移動する。そのため、前述のように分岐流路23における空間拡大部22側の開口端と分岐流路23の外壁面側の開口端の間、または分岐流路23の外壁面側の開口端から液体吸引手段までの配管の途中に気泡検出手段を設置しておけば、多孔質中空糸膜Mの内部空間の空気が欠陥を通じて吸い出されて生じた気泡は、吸引する液体Lと共にそれら部分を通過するので、1つの気泡検出手段でも安定して気泡の検出が可能となる。

[0057] 気泡検出手段50は、図4及び図5の実施形態では、流路部材20の分岐流路23の部分に設置されている。多孔質中空糸膜Mの欠陥から吸い出された気泡は、中空糸膜走行流路21において開口21a、21bから分岐流路23に向かって流れる液体Lと共に分岐流路23へと流入し、気泡検出手段50で検出される。

[0058] 気泡検出手段50は、液体L中に検査光を入射する出光部51と、液体L中からの検査光を受光する受光部52とを有している。気泡検出手段50における出光部51と受光部52は、気泡の検出が可能であれば、どのように設置してもよく、出光部や受光部先端が液体Lに接触、非接触のいずれでもよい。中でも出光部や受光部の先端部分が中空糸膜走行流路21から吸引された液体L中に位置するように設置されていることが好ましい。本実施形態では、出光部51と受光部52が、分岐流路23の壁面から液体Lに接するよう分岐流路23内に突き出した形態で設置されていることが好ましい。これにより、分岐流路23の壁面に付着した汚れや気泡を誤検出することを防止しやすくなる。ただし、流路部材20の分岐流路23周辺の一部や、液体循環ライン63の内壁面に汚れや気泡の付着を抑制するような処理が行われている場合などは、吸引された液体L中に、出光部と受光部の先端部分が突き出された形態とせずに、出光部と受光部の先端部分が壁面と同一面なるよう

に設置される形態であってもよい。また、分岐流路 2 3 周辺の一部や、液体循環ライン 6 3 が光を透過する樹脂材料などにより形成されている場合は、分岐流路 2 3 や液体循環ライン 6 3 の外側に出力部と受光部が設置される形態であってもよい。

[0059] 気泡検出手段 5 0 の出力部 5 1 と受光部 5 2 は、出力部 5 1 から出射された光を効率良く受光部 5 2 に取り込み、気泡が通過した際の光量変化を敏感に検出する点から、互いに向かい合うように設置されていることが好ましい。この気泡検出手段 5 0 では、分岐流路 2 3 における出力部 5 1 と受光部 5 2 の間を気泡が通過すると、出力部 5 1 から液体 L 中に入射された検査光が該気泡によって屈折、散乱し、受光部 5 2 に到達する検査光の量が減少するので、この光量変化によって気泡を検出することができる。また、本装置においては、気泡検出手段 5 0 は、出力部 5 1 の光軸と受光部 5 2 の光軸が、分岐流路 2 3 内の液体 L 中で交差するように設置されていてもよい。出力部 5 1 と受光部 5 2 をこのように設置した場合、気泡が無い場合には出力部 5 1 から発せられた光は受光部 5 2 に届かず、気泡が通過した場合に出力部 5 1 から発せられた光が該気泡によって反射または散乱され、その反射光または散乱光が受光部 5 2 に到達するので、この光量変化によって気泡を検出することができる。ただ、気泡による反射光または散乱光を受光して気泡を検出する方式は、気泡による遮光により気泡を検出する方式に比べ外乱光の影響を受けやすく、また液体 L 中の出力部 5 1 の光軸と受光部 5 2 の光軸それぞれの光軸方向に重なった気泡によって受光部 5 2 の光量変化が減少するため、外乱光を遮光して影響を低減する、または出力部 5 1 から出射される検査光強度を高めるといった手段を採用することが好ましい。

[0060] また、出力部 5 1 と受光部 5 2 は、出力部 5 1 の光軸と受光部 5 2 の光軸が、分岐流路 2 3 内を流れる流動液体における流速が最大の部分を通過するように設けられていることが好ましい。分岐流路 2 3 内を通過する気泡は、流動液体における流速が最大の部分を通過する確率が高いので、出力部 5 1 と受光部 5 2 の光軸がこの部分を通過するようにすることで、より安定して

気泡を検出できる。具体的には、出光部 5 1 と受光部 5 2 の光軸が、分岐流路 2 3 の中心を通る形態が好ましい。また、出光部 5 1 と受光部 5 2 の光軸は、分岐流路 2 3 の流路軸と直交していても、分岐流路 2 3 の流路軸に対して傾斜していてもよい。

[0061] 欠陥検出装置 1 では、容器 1 0 に収容された液体 L 中に流路部材 2 0 が浸漬されることで、流路部材 2 0 の開口 2 1 a、2 1 b から中空糸膜走行流路 2 1 および分岐流路 2 3 内に液体 L が流入し、それら流路が液体 L で満たされる。また、中空糸膜走行流路 2 1 内の液体 L は、液体吸引手段 4 0 によって、空間拡大部 2 2 から分岐流路 2 3、液体循環ライン 6 3 を通じて吸引されており、流動圧力損失によって圧力が低下している。そして、この状態で中空糸膜走行流路 2 1 内の液体 L 中を通過するように多孔質中空糸膜 M を走行させることで、中空糸膜走行流路 2 1 内において、多孔質中空糸膜 M 内の空気が欠陥部分から吸い出されて気泡が発生する。この気泡を気泡検出手段 5 0 で検出し、後述する信号処理を施して多孔質中空糸膜 M の欠陥を検出する。

[0062] <欠陥検査装置における信号処理>

以上、説明したように、本欠陥検査装置では、気泡検出手段 5 0 が多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡を検出し、その検出信号を基に多孔質中空糸膜 M の欠陥を検出する。気泡の検出の信頼性を向上するために、容器 1 0 と図示しない液体供給源とを接続する液体供給ライン 6 1 には脱泡手段 6 4 および脱気手段 6 5 が設けられていることは既に述べた通りであるが、万が一、脱泡手段 6 4 や脱気手段 6 5 が予定通りの機能を発揮できなかった場合も、検出された信号について、ノイズ信号を除去し、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡に由来する信号を的確に検知するため、さらに信号処理を行なうのが好ましい。以下、気泡検出手段 5 0 が検出した信号について、図示しない情報処理装置で実行する信号処理および欠陥検出方法について説明する。

[0063] 一般的に多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡に由来する信号は

、その強度が大きく、また信号の持続時間も長い傾向がある。一方、ノイズ信号は、強度が小さい場合が多く、強度が大きい場合でもその信号の持続時間が短いスパイク状の信号になる傾向がある。本実施形態の欠陥検出方法はこの傾向を利用して信号の処理を行なう。

[0064] 図8は本発明の第1の実施形態の欠陥検出方法において欠陥検出装置1が行う処理を示すフローチャートである。出光部51から出射された光が分岐流路23を通して受光部52に達し、信号が発生する。図9の上段に受光部52から出力された信号の例を示す。横軸を経過時間、縦軸を出力電圧としてグラフ化している。この実施形態においては、受光部52として光電センサーを用いており、分岐流路23の中を気泡が通過しない状態では出光部51から出射された光が散乱されずに受光部52へと達するため、電圧値は高い値となる。一方、分岐流路23の中を気泡やその他の不純物が通過している状態では、出光部51から出射された光が気泡等によって散乱されるため、受光部52へ達する光の量は減少し、その結果光電センサーの示す電圧値は低い値となる。

[0065] 本発明の第1の実施形態の欠陥検出方法は欠陥検出装置1がこのような受光部52からの信号を受信し、サンプリング周期5msで計測することで開始される(S100)。本実施形態では、サンプリング周期は5msに設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等に応じて、適宜、設定することが好ましい。欠陥検出装置1はまず、二値化処理ステップ(S101)でこの信号の二値化処理を行う。図9の下段に二値化処理を行なった後の信号の例を示す。上述したように、分岐流路23の中を気泡が通過しない状態では電圧値が高い値となり、気泡が通過している状態では電圧値が低くなるため、閾値となる二値化電圧レベルV0を下回った電圧には信号強度「1」を割り付け、二値化電圧レベルV0を上回った電圧には信号強度「0」を割り付ける。このようにして、まず微小なノイズ信号の影響を排除する。なお、二値化処理にあたって使用する閾値は、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。フローチャート中の各ステ

ップにおいて、信号がどのような判別処理を受けるのかを説明するため、フローチャート中に信号の例を示す。

[0066] 続いて、欠陥検出装置 1 は、二値化処理ステップ (S 1 0 1) で二値化された信号について、第 1 の判別ステップで第 1 の判別を行う (S 1 0 2)。この第 1 の判別は、二値化された信号のうち、信号強度の変化をモニターし、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化した状況が生じていた場合、この信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間 T 0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別するものである。本実施形態ではこの有効無効判別時間 T 0 は 8 0 m s に設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。この第 1 の判別によって、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから有効無効判別時間 T 0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わったと判別された場合 (S 1 0 2 で Y e s) は、次に処理 A のステップ (S 1 0 3) に進む。信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから有効無効判別時間 T 0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わらなかったと判別された場合 (S 1 0 2 で N o) は、次に第 2 の判定ステップ (S 1 0 4) へと進む。

[0067] 第 1 の判別ステップ (S 1 0 2) において、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから有効無効判別時間 T 0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わったと判別された場合、この信号に対して欠陥検出装置 1 はステップ S 1 0 3 で処理 A を施す。処理 A とは、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから再び信号強度 1 に変わるまでの間、信号強度が 0 であった期間について、信号強度を 1 に補正する処理である。本来、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡に由来する信号は、その強度が大きく、また信号の持続時間も長くなるが、二値化処理の閾値の設定によっては打ち消されることが起こりうる。気泡に由来する信号は持続時間が長い一方、ノイズ信号は短期間のスパイク状の信号であることが多い。また、多孔質中空糸膜 M の欠陥から吸い出された気泡に由来する信号は、その強度が大きく、また信号の持続時間も長くなるが、気泡の発生状態によっては、気泡が断続的に発生

し、これによりスパイク状の信号が断続的に出現する。また、二値化処理によって、気泡に由来する信号が打ち消される事も起こりうる。本発明は処理 A において、断続的に出現したスパイク状の信号を連続した信号とする補正及び二値化処理によって、気泡に由来する打ち消された信号の復元も行なっている。このように信号に処理 A を施した後、次に第 3 の判定ステップ (S 1 0 6) へと進む。

[0068] 一方、第 1 の判別ステップ (S 1 0 2) において、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから有効無効判別時間 T_0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わらなかったと判別された場合、第 2 の判別ステップ (S 1 0 4) に進み、欠陥検出装置 1 はこの信号に対して第 2 の判別を行なう。第 2 の判別は二値化された信号について、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T_1 以上継続しているか否かを判別するものである。本実施形態ではこの有効判別時間 T_1 は 80 ms に設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。この第 2 の判別によって、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T_1 以上継続していると判別された場合 (S 1 0 4 で Yes)、次に第 3 の判定ステップ (S 1 0 6) に進む。信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T_1 以上継続していないと判別された場合 (S 1 0 4 で No) は、次に処理 B のステップ (S 1 0 5) に進む。

[0069] 第 2 の判別ステップにおいて、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T_1 以上継続していないと判別された場合 (S 1 0 4 で No)、この信号に対して欠陥検出装置 1 はステップ S 1 0 5 で処理 B を施す。処理 B とは信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから有効判別時間 T_1 以上継続していない信号強度 1 の部分について、信号強度を 0 に補正する処理である。上述したように、ノイズ信号は短期間のスパイク状の信号であることが多いため、信号強度 1 の状態が有効判別時間 T_1 以上継続しない場合は、これをノイズ信号と解釈して、信号強度を 0 に補正し、

ノイズを消去する補正処理を行なっている。このように信号に処理Bを施したあと、次に欠陥非検出出力ステップ（S108）に進む。

[0070] ステップS103で信号に処理Aを施した後、もしくは第2の判別によって、信号強度0から信号強度1に変化したときから信号強度1が有効判別時間 T_1 以上継続していると判別された（S104でYes）後、欠陥検出装置1は、これらの信号について第3の判別ステップ（S106）で、第3の判別を行なう。第3の判別は、これらの信号において信号強度1が最小継続時間 T_2 よりも長く継続しているか否かを判別するものである。本実施形態ではこの最小継続時間 T_2 は100msに設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。上述したように、気泡に由来する信号は持続時間が長い傾向があるため、信号強度1の状態が最小継続時間 T_2 よりも長く継続している場合、この信号は気泡に由来する信号と判別してよいと考えられる。本実施形態はこの第3の判別ステップで、検知した信号が多孔質中空糸膜Mの欠陥から吸い出された気泡に由来する信号であることを判別する。第3の判別によって、信号強度1の状態が最小継続時間 T_2 よりも長く継続していると判別された場合（S106でYes）、次に欠陥検出出力ステップ（S107）に進む。欠陥検出出力ステップ（S107）において、欠陥検出装置1は、検査対象となっている多孔質中空糸膜Mに欠陥がある旨を出力する。ユーザはこの出力によって多孔質中空糸膜Mに欠陥があることを知る。第3の判別によって、信号強度1の状態が最小継続時間 T_2 よりも長く継続していないと判別された場合（S106でNo）、次に欠陥非検出出力ステップ（S108）に進む。

[0071] ステップS105で信号に処理Bを施した後、もしくは第3の判別によって、信号強度1の状態が最小継続時間 T_2 よりも長く継続していないと判別された（S106でNo）後、次に欠陥非検出出力ステップ（S108）に進む。処理Bが施された部分の信号は信号強度0であり、第3の判別によって、信号強度1の状態が最小継続時間 T_2 よりも長く継続していないと判別された信号は、欠陥から吸い出された気泡に由来する信号ではないと考えら

れる。したがって、欠陥非検出出力ステップ（S 1 0 8）において、欠陥検出装置 1 は検査対象となっている多孔質中空糸膜 M には欠陥がない旨を出力する。

[0072] 欠陥検出出力ステップ（S 1 0 7）または欠陥非検出出力ステップ（S 1 0 8）で欠陥検出装置 1 が出力を行なうと、一連のフローが終了する（S 1 0 9）。

[0073] このようにすることで、検出信号の中から多孔質中空糸膜 M の欠陥に由来する信号を的確に判別し、多孔質中空糸膜の欠陥を正確に検知することが可能となる。また、本実施形態によれば、第 1 の判別及び第 2 の判別によりスパイク状のノイズと判別された部分は処理 B を施されることで信号から除去されるため、欠陥検出装置 1 からの出力データが整理されて見やすくなるとともに、データ量も圧縮できるという利点がある。

[0074] 図 1 0 は本発明の第 2 の実施形態に関する欠陥検出方法において欠陥検出装置 1 が行なう処理を示すフローチャートである。第 2 の実施形態は第 1 の実施形態における第 1 の判別ステップと第 2 の判別ステップの順番を入れ替えて信号処理をするものである。以下、第 1 の実施形態と共通する部分については説明を省略し、第 1 の実施形態と異なる部分を中心に説明する。

[0075] 第 2 の実施形態も第 1 の実施形態と同様に欠陥検出装置 1 が受光部 5 2 からの信号を受信し、サンプリング周期 5 m s で計測することで開始される（S 2 0 0）。本実施形態では、サンプリング周期は 5 m s に設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等に応じて、適宜、設定することが好ましい。二値化処理ステップ（S 2 0 1）でこの信号の二値化処理を行う。

[0076] 続いて、欠陥検出装置 1 は、二値化処理ステップ（S 2 0 1）で二値化された信号について、第 1 の判別ステップで第 1 の判別を行う（S 2 0 2）。第 1 の判別は二値化された信号について、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T 1 以上継続しているか否かを判別するものであり、第 1 の実施形態における第 2 の判別に相当する。本実施形

態ではこの有効判別時間 T_1 は 80 ms に設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。この第 1 の判別によって、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T_1 以上継続していると判別された場合（S 201 で Yes）、次に第 3 の判別ステップ（S 206）に進む。信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T_1 以上継続していないと判別された場合（S 201 で No）は、次に第 2 の判別ステップ（S 203）に進む。

[0077] 第 2 の判別ステップ（S 203）で行なわれる第 2 の判別は、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化した状況が生じていた場合、この信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間 T_0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別するものであり、第 1 の実施形態における第 1 の判別に相当する。本実施形態ではこの有効無効判別時間 T_0 は 80 ms に設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。この第 2 の判別によって、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから有効無効判別時間 T_0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わったと判別された場合（S 203 で Yes）は、次に処理 A のステップ（S 204）に進む。信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから有効無効判別時間 T_0 以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わらなかったと判別された場合（S 203 で No）は、次に処理 B のステップ（S 205）へと進む。

[0078] ステップ S 204 では第 1 の実施形態の処理 A と同様に、信号に対し、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから再び信号強度 1 に変わるまでの間、信号強度が 0 であった期間について、信号強度を 1 に補正する処理を施す。このように信号に処理 A を施した後、次に第 3 の判定ステップ（S 206）へと進む。

[0079] 一方、ステップ S 205 では第 1 の実施形態の処理 B と同様に、信号に対し、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから有効判別時間 T_1 以上継

続していない信号強度 1 の部分について、信号強度を 0 に補正する処理を施す。このように信号に処理 B を施した後、欠陥非検出出力ステップ S 2 0 8 に進む。

[0080] 第 1 の判別によって、信号強度 0 から信号強度 1 に変化したときから信号強度 1 が有効判別時間 T 1 以上継続していると判別された (S 2 0 2 で Y e s) 後、もしくは処理 A のステップ (S 2 0 4) で信号に処理 A を施した後、欠陥検出装置 1 は、これらの信号について第 3 の判別ステップ (S 2 0 6) で、第 3 の判別を行なう。第 3 の判別は、これらの信号において信号強度 1 が最小継続時間 T 2 よりも長く継続しているか否かを判別するものであり、第 1 の実施形態における第 3 の判別と同様の判別である。本実施形態ではこの最小継続時間 T 2 は 1 0 0 m s に設定されているが、システムやサンプル、測定時の環境等により適宜設定することが可能である。第 3 の判別によって、信号強度 1 の状態が最小継続時間 T 2 よりも長く継続していると判別された場合 (S 2 0 6 で Y e s)、次に欠陥検出出力ステップ (S 2 0 7) に進む。欠陥検出出力ステップ (S 2 0 7) において、欠陥検出装置 1 は、検査対象となっている多孔質中空糸膜 M に欠陥がある旨を出力する。ユーザはこの出力によって多孔質中空糸膜 M に欠陥があることを知る。第 3 の判別によって、信号強度 1 の状態が最小継続時間 T 2 よりも長く継続していないと判別された場合 (S 2 0 6 で N o)、次に欠陥検出出力ステップ (S 2 0 8) に進む。

[0081] ステップ S 2 0 5 で信号に処理 B を施した後、もしくは第 3 の判別によって、信号強度 1 の状態が最小継続時間 T 2 よりも長く継続していないと判別された (S 2 0 6 で N o) 後、次に欠陥非検出出力ステップ (S 2 0 8) に進み、欠陥検出装置 1 は検査対象となっている多孔質中空糸膜 M には欠陥がない旨を出力する。

[0082] このように、欠陥検出出力ステップ (S 2 0 7) または欠陥非検出出力ステップ (S 2 0 8) で欠陥検出装置 1 が出力を行なうと、一連のフローが終了する (S 2 0 9)。

[0083] このようにすることで、検出信号の中から多孔質中空糸膜の欠陥に由来する信号を的確に判別し、多孔質中空糸膜の欠陥を正確に検知することが可能となる。また、本実施形態によれば、第1の判別及び第2の判別によりスパイク状のノイズと判別された部分は処理Bを施されることで信号から除去されるため、欠陥検出装置1からの出力データが整理されて見やすくなるとともに、データ量も圧縮できるという利点がある。

[0084] また、第1の実施形態のフローにおいて、第2の判別ステップ（S104）及び処理Bのステップ（S105）を省略して処理を簡略化することも可能である。この場合、一連のフローは開始ステップ（S100）、二値化処理ステップ（S101）、第1の判別ステップ（S102）、処理Aのステップ（S103）、第3の判別ステップ（S106）、欠陥検出出力ステップ（S107）及び欠陥非検出出力ステップ（S108）を有している。第1の判別ステップ（S102）において、信号強度1から信号強度0に変化したときから有効無効判別時間T0以内に信号強度0から再び信号強度1に変わらなかったと判別された場合、その信号についてはそのまま第3の判別ステップに進むことし、第3の判定ステップ（S106）において、まとめて多孔質中空糸膜の欠陥に由来しない信号として処理すればよい。

[0085] この簡略化したフローでは処理Bが行なわれないため、信号からスパイク状のノイズが除去されず、データ量が増えることになるが、フローが簡略化できるという利点がある。

[0086] なお、これら各実施形態の信号処理や欠陥検出のフローは、図示しないコンピュータなどの情報処理装置でプログラムを実行することで実現される。すなわち、二値化を行なう二値化手段や、各判別を行なう判別手段、信号に対して補正処理を行なう処理手段はいずれも情報処理装置によって実現されている。このような情報処理装置は欠陥検出装置1に組み込まれているが、欠陥検出装置1に組み込む代わりに有線や無線により外部接続するようにしても良い。

[0087] また、本発明の各実施形態において、計測された信号に対して一般的な移

動平均化処理を行うステップを更に追加し、移動平均化処理が行なわれた信号に対して上述した二値化処理や各判別処理を同様に適用するようにしても良い。

[0088] 以上説明したように、本発明によれば、多孔質中空糸膜の欠陥検査装置において、検出信号の中から多孔質中空糸膜の欠陥に由来する信号を的確に判別し、多孔質中空糸膜の欠陥を正確に検知することが可能となる。また、この欠陥検出方法は、上述した構成以外の構成を有する多孔質中空糸膜の欠陥検査装置においても、多孔質中空糸膜の欠陥から液体中に吸い出された気泡を検出することで多孔質中空糸膜の欠陥を検査するような欠陥検査装置であれば、適用可能である。

符号の説明

- [0089] 1 多孔質中空糸膜の欠陥検査装置
- 10 容器
 - 20、20A 流路部材
 - 21 中空糸膜走行流路
 - 22 空間拡大部
 - 23 分岐流路
 - 30 規制手段
 - 31～34 ガイドロール
 - 40 液体吸引（減圧）手段
 - 50 気泡検出手段
 - 51 出光部
 - 52 受光部
 - 60 液体流入ライン
 - 61 液体供給ライン
 - 62 液体排出ライン
 - 63 液体循環ライン
 - 64、67 脱泡手段

6 5 脱気手段

6 6 減圧手段

6 8 圧力計

D 中空糸膜走行流路長

d 1 中空糸膜走行流路断面幅

d 2 中空糸膜走行流路断面高さ

w 1 空間拡大部幅

f 空間拡大部長

h 空間拡大部高さ

請求の範囲

[請求項1]

液体が収容された容器と、

多孔質中空糸膜を連続的に通過させる中空糸膜走行流路、および該中空糸膜走行流路から分岐して一壁面に通じる分岐流路が、内部を貫通するように形成され、かつ前記中空糸膜走行流路の両端の開口が前記液体中に配置されて流路内が前記液体で満たされる流路部材と、

前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体中を通過するように、前記多孔質中空糸膜の走行を規制する規制手段と、

前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体を前記分岐流路を通じて吸引し、前記中空糸膜走行流路内の液体の圧力を低下させる液体吸引手段と、

前記液体中に検査光を入射する出光部と、前記液体中を透過した検査光を受光する受光部とを有し、前記多孔質中空糸膜の欠陥から前記液体中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段と、を有する多孔質中空糸膜の欠陥検査装置の欠陥検出方法であって、

前記受光部からの信号を所定のサンプリング周期で計測する計測ステップと、

前記計測された信号を欠陥からの気泡に由来する信号部分とノイズ信号部分に分離する分離ステップと、

気泡に由来する信号部分を多孔質中空糸膜の欠陥検査結果として出力する出力ステップと

を有する欠陥検出方法。

[請求項2]

前記分離ステップが、

前記計測された信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する二値化ステップと、

前記二値化ステップによって二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したとき、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1

に変わるか否かを判別する第1の判別ステップと、

前記第1の判別ステップにおいて前記有効無効判別時間以内に信号強度1に変わったと判別された場合は、前記信号強度1から信号強度0に変化したときから前記信号強度0から再び信号強度1に変化したときまでの間の信号強度を1に補正処理する第1の処理ステップと、

前記第1の判別ステップにおいて前記有効無効判別時間以内に信号強度1に変わらなかったと判別された場合、信号強度が0に変わる前に信号強度1の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第2の判別ステップと、

前記第1の処理ステップで補正された信号及び前記第2の判別ステップにおいて信号強度が0に変わる前に信号強度1の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していると判別された信号について、更に信号強度1の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第3の判別ステップと、

を有する請求項1記載の欠陥検出方法。

[請求項3]

前記出力ステップが、

前記第3の判別ステップで信号強度1の状態が前記最小継続時間以上継続していると判別された場合、多孔質膜の欠陥として検査結果を出力する、請求項2記載の欠陥検出方法。

[請求項4]

前記第2の判別ステップで信号強度が0に変わる前に信号強度1の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していないと判別された場合、当該信号強度1の部分を信号強度0に補正処理する第2の処理ステップを更に有する、請求項3記載の欠陥検出方法。

[請求項5]

前記第3の判別ステップで信号強度1の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別された場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力する、請求項3又は4記載の欠陥検出方法。

[請求項6]

前記分離ステップが、

前記計測された信号に移動平均化処理を行うステップを有する、請求項 1 記載の欠陥検出方法。

[請求項7]

液体が収容された容器と、

多孔質中空糸膜を連続的に通過させる中空糸膜走行流路、および該中空糸膜走行流路から分岐して一壁面に通じる分岐流路が、内部を貫通するように形成され、かつ前記中空糸膜走行流路の両端の開口が前記液体中に配置されて流路内が前記液体で満たされる流路部材と、

前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体中を通過するように、多孔質中空糸膜の走行を規制する規制手段と、

前記流路部材の中空糸膜走行流路内の液体を前記分岐流路を通じて吸引し、前記中空糸膜走行流路内の液体の圧力を低下させる液体吸引手段と、

前記液体中に検査光を入射する出光部と、前記液体中を透過した検査光を受光する受光部とを有し、前記多孔質中空糸膜の欠陥から前記液体中に吸い出された気泡を検出する気泡検出手段と、

前記受光部からの信号を所定のサンプリング周期で計測する計測手段と、前記計測された信号を欠陥からの気泡に由来する信号部分とノイズ信号部分に分離する分離手段と、気泡に由来する信号部分を多孔質中空糸膜の欠陥検査結果として出力する出力手段を備えた検出処理手段と、

を有する欠陥検出装置。

[請求項8]

前記分離手段はさらに、

前記計測手段が計測した信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する二値化手段と、

前記二値化手段によって二値化された信号について、ある時点から所定時間が経過する間の前記二値化された信号の信号強度の変化について判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に応じて、前記二値化された信号について

信号強度を 0 から 1 に又は 1 から 0 に補正処理する処理手段と、を有し、

前記出力手段は、前記判別手段の判別結果に応じて信号を出力し、

前記判別手段は、前記二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する第 1 の判別ステップを実行し、

前記第 1 の判別ステップにおいて、前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わったと前記判別手段が判別した場合は、前記処理手段が前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから、前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する第 1 の処理ステップを実行し、

前記第 1 の判別ステップにおいて、前記有効無効判定時間以内に信号強度 1 に変わらなかったと前記判別手段が判別した場合、前記判別手段は信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第 2 の判別ステップを実行し、

前記第 1 の処理ステップで前記処理手段が補正した信号及び前記第 2 の判別ステップにおいて信号強度が 0 に変わる前に信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していると前記判別手段が判別した信号について、更に前記判別手段は信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第 3 の判別ステップを実行する、

請求項 7 記載の欠陥検査装置。

[請求項 9]

前記第 3 の判別ステップにおいて、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していると前記判別手段が判別した場合、前記出力手段が多孔質膜の欠陥として検査結果を出力する、

請求項 8 記載の欠陥検査装置。

- [請求項10] 前記判別手段が、前記第2の判別ステップにおいて、信号強度が0に変わる前に信号強度1の状態であった時間が第2の判別時間以上継続していないと判別した場合、前記処理手段は当該信号強度1の部分を信号強度0に補正処理する、請求項9記載の欠陥検査装置。
- [請求項11] 前記判別手段が、前記第3の判別ステップにおいて、信号強度1の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別した場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力する、請求項9又は10記載の欠陥検査装置。
- [請求項12] 前記分離手段は、前記計測された信号に移動平均化処理を行う、請求項7記載の欠陥検査装置。
- [請求項13] 前記分離ステップが、
前記計測された信号を所定の閾値を用いて信号強度1と信号強度0とからなる信号に二値化する二値化ステップと、
前記二値化ステップで二値化された信号が、信号強度1から信号強度0へ変化したとき、信号強度1の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第1の判別ステップと、
前記第1の判別ステップで信号強度1の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していなかったと判別された信号について、更に、信号強度1から信号強度0へ変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度0から再び信号強度1に変わるか否かを判別する第2の判別ステップと、
前記第2の判別ステップで前記有効無効判別時間以内に信号強度1に変わったと判別された場合は、前記信号強度1から信号強度0に変化したときから前記信号強度0から再び信号強度1に変化したときまでの間の信号強度を1に補正処理する第1の処理ステップと、
前記第1の判別ステップで信号強度1の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続していると判別された信号及び前記第1の処理ステップで補正された信号について、更に信号強度1の状態が所定の

最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第3の判別ステップと、

を有する請求項1記載の欠陥検出方法。

[請求項14]

前記出力ステップは、

前記第3の判別ステップで信号強度1の状態が前記最小継続時間以上継続していると判別された場合、多孔質膜の欠陥として検査結果を出力する、請求項13記載の欠陥検出方法。

[請求項15]

前記第2の判別ステップで前記有効無効判別時間以内に信号強度1に変わらなかったと判別された場合は、前記信号強度1の部分を信号強度0に補正処理する第2の処理ステップを更に有する、請求項14記載の欠陥検出方法。

[請求項16]

前記第3の判別ステップで信号強度1の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別された場合、前記出力ステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力する、請求項14又は15記載の欠陥検出方法。

[請求項17]

前記分離手段はさらに、

前記計測手段が計測した信号を所定の閾値を用いて信号強度1と信号強度0とからなる信号に二値化する二値化手段と、

前記二値化手段によって二値化された信号について、ある時点から所定時間が経過する間の前記二値化された信号の信号強度の変化について判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に応じて、前記二値化された信号について信号強度を0から1に又は1から0に補正処理する処理手段と、を有し、

前記出力手段は、前記判別手段の判別結果に応じて信号を出力し、

前記判別手段は、前記二値化された信号が、信号強度1から信号強度0へ変化したとき、信号強度1の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続しているか否かを判別する第1の判別ステップを実行

し、

前記判別手段は、前記第 1 の判別ステップにおいて、前記判別手段が、信号強度 1 の状態であった時間が前記有効判別時間以上継続していなかったと判別した信号について、更に信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する第 2 の判別ステップを実行し、

前記第 2 の判別ステップで前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わったと前記判別手段が判別した場合は、前記処理手段が前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する第 1 の処理ステップを実行し、

前記第 1 の判別ステップで信号強度 1 の状態であった時間が所定の有効判別時間以上継続していると前記判別手段が判別した信号及び前記第 1 の処理ステップで前記処理手段が補正した信号について、更に前記判別手段は信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上継続しているか否かを判別する第 3 の判別ステップを実行する、

請求項 7 記載の欠陥検査装置。

[請求項18] 前記第 3 の判別ステップにおいて、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していると前記判別手段が判別した場合、前記出力手段が多孔質膜の欠陥として検査結果を出力する、

請求項 1 7 記載の欠陥検査装置。

[請求項19] 前記判別手段が、前記第 2 の判別ステップにおいて、前記有効無効判別時間以内に信号強度 1 に変わらなかったと判別した場合、前記処理手段は前記信号強度 1 の部分を信号強度 0 に補正処理する、請求項 1 8 記載の欠陥検査装置。

[請求項20] 前記判別手段が、前記第 3 の判別ステップにおいて、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上継続していないと判別した場合、前記出

カステップで多孔質膜に欠陥はないとする検査結果を出力する、請求項 18 又は 19 記載の欠陥検査装置。

[請求項21]

前記分離ステップが、

前記計測された信号を所定の閾値を用いて信号強度 1 と信号強度 0 とからなる信号に二値化する二値化ステップと、

前記二値化ステップで二値化された信号が、信号強度 1 から信号強度 0 へ変化したとき、信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変わるか否かを判別する有効無効判別ステップと、

前記有効無効判別ステップで信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから所定の有効無効判別時間以内に信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したと判別された場合、前記信号強度 1 から信号強度 0 に変化したときから前記信号強度 0 から再び信号強度 1 に変化したときまでの間の信号強度を 1 に補正処理する処理ステップと、

前記有効無効判別ステップ及び前記処理ステップの対象とならなかった信号、及び、前記処理ステップで補正された信号について、それぞれ信号強度 1 の状態が所定の最小継続時間以上、継続しているか否かを判別する最小継続時間判別ステップと、

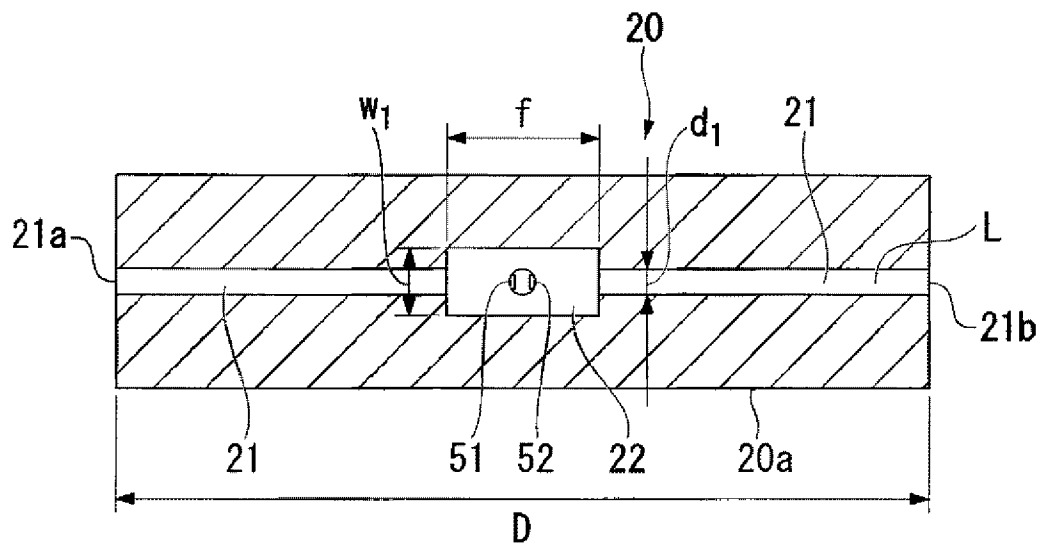
を有する請求項 1 記載の欠陥検出方法。

[請求項22]

前記最小継続時間判別ステップで、信号強度 1 の状態が前記最小継続時間以上、継続していると判別された場合、多孔質膜の欠陥として検査結果を出力する、請求項 21 記載の欠陥検出方法。

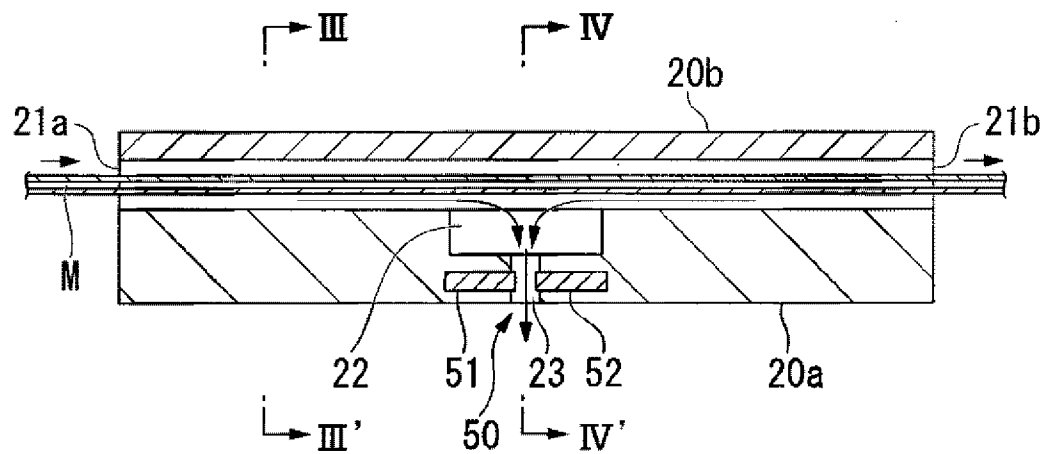
[図3]

FIG.3



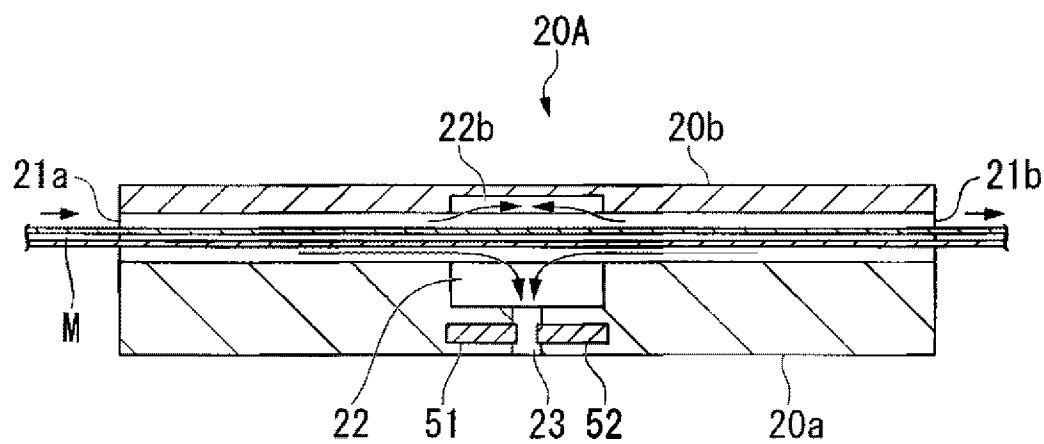
[図4]

FIG.4



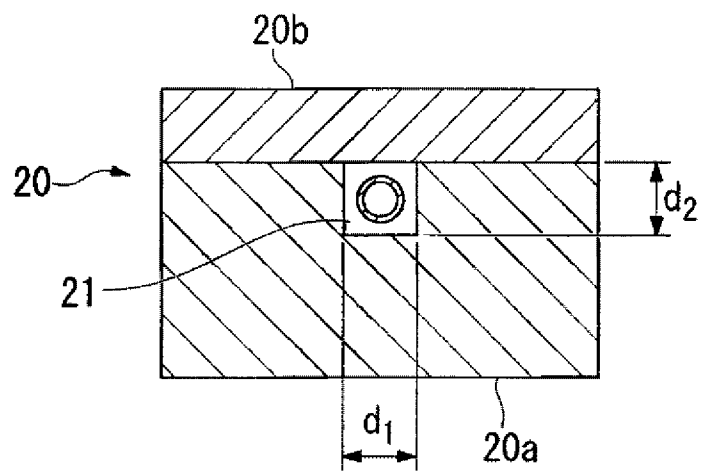
[図5]

FIG.5



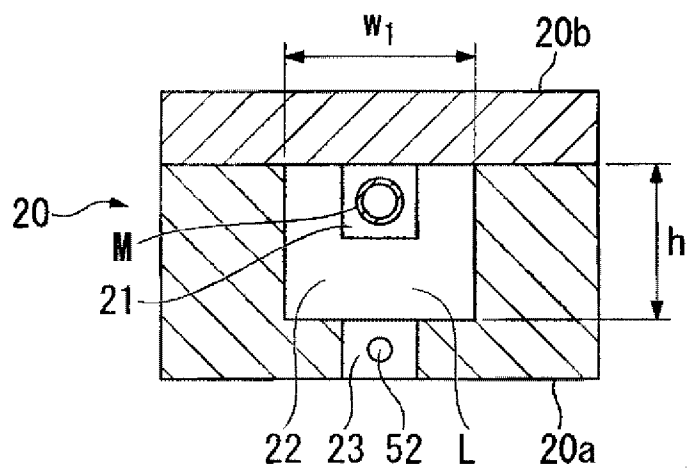
[図6]

FIG.6



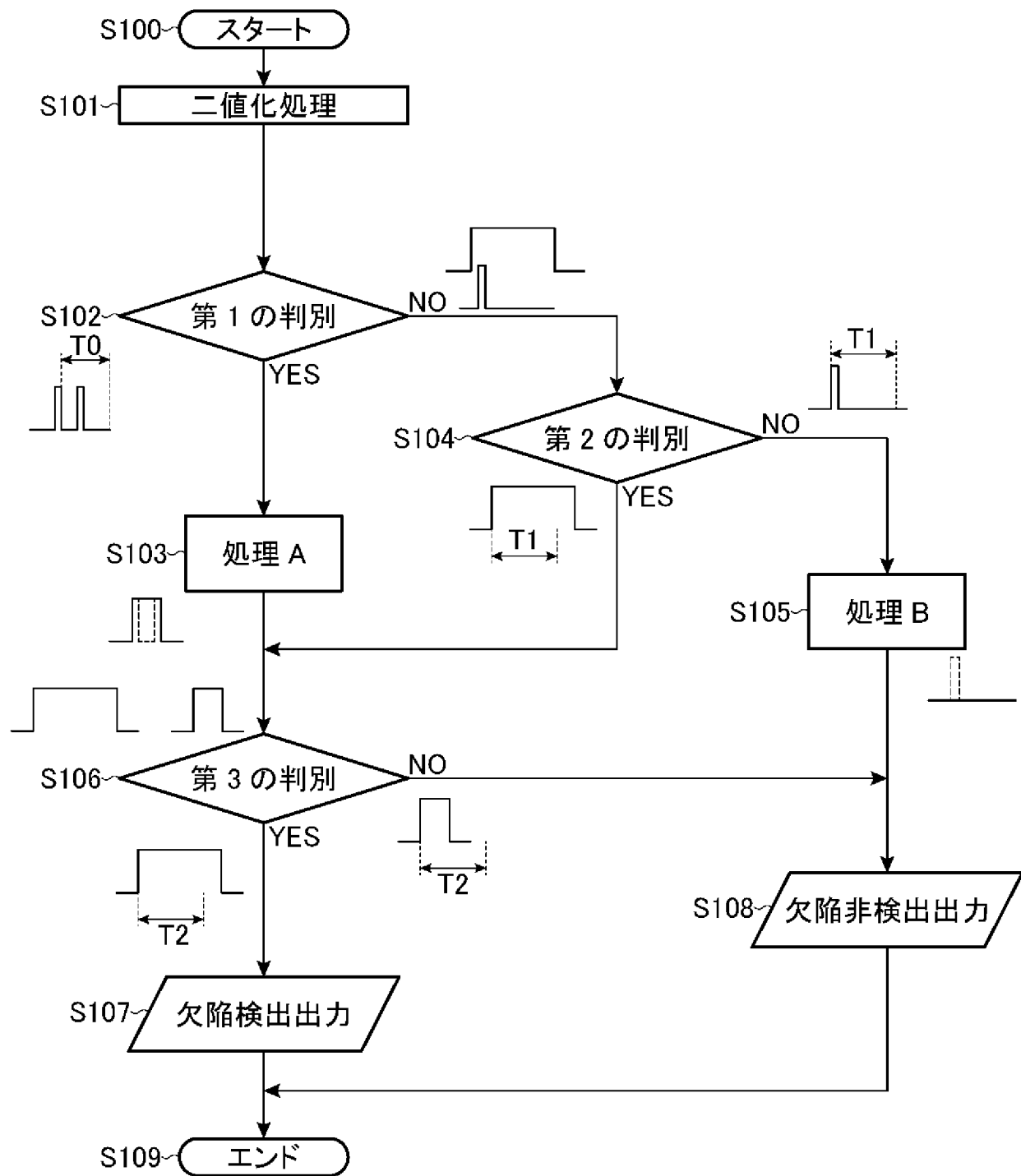
[図7]

FIG.7



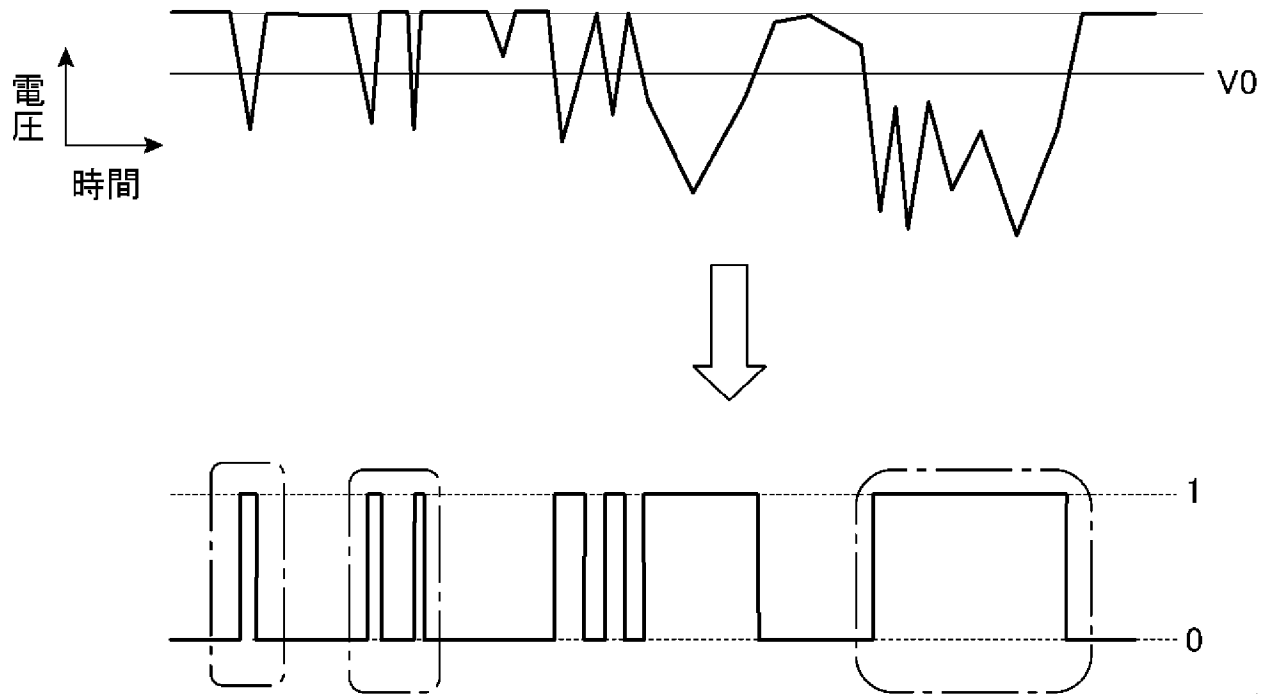
[図8]

FIG.8



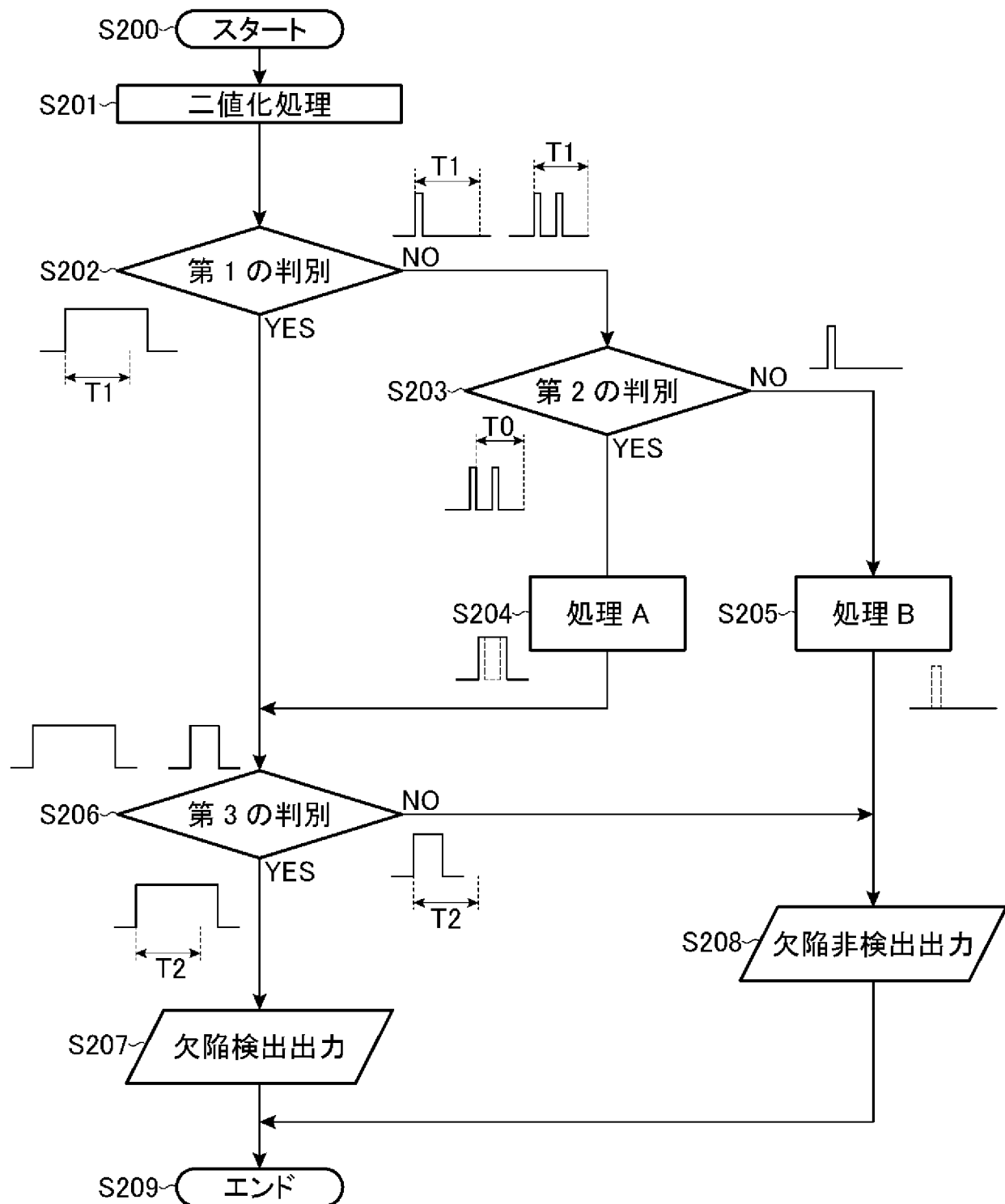
[図9]

FIG.9



[図10]

FIG.10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/055295

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M3/06(2006.01)i, B01D65/10(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)

G01M3/06, B01D65/10

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y A	WO 2013/012030 A1 (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 24 January 2013 (24.01.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1, 6, 7, 12 2-5, 8-11, 13-22
Y A	JP 57-54832 A (Hitachi, Ltd.), 01 April 1982 (01.04.1982), entire text; all drawings (Family: none)	1, 6, 7, 12 2-5, 8-11, 13-22
Y A	JP 2006-245685 A (Sunx Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), paragraphs [0002] to [0003] (Family: none)	1, 6, 7, 12 2-5, 8-11, 13-22

☒ 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
02 May, 2014 (02.05.14)

Date of mailing of the international search report
20 May, 2014 (20.05.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/055295

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 058642/1980 (Laid-open No. 16038/1981) (Nitsupo Denki Kabushiki Kaisha), 12 February 1981 (12.02.1981), page 4, lines 1 to 13; page 6, line 8 to page 7, line 11; fig. 1, 2 (Family: none)	2-5, 8-11, 13-22
A	JP 7-95101 B2 (Rohm Co., Ltd.), 11 October 1995 (11.10.1995), page 3, right column, line 47 to page 4, left column, line 24; fig. 8, 9, 16, 17 (Family: none)	2-5, 8-11, 13-22

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01M3/06(2006.01)i, B01D65/10(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（I P C））

Int.Cl. G01M3/06, B01D65/10

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y A	WO 2013/012030 A1（三菱レイヨン株式会社）2013.01.24, 全文, 全図（ファミリーなし）	1, 6, 7, 12 2-5, 8-11, 13-22
Y A	JP 57-54832 A（株式会社日立製作所）1982.04.01, 全文, 全図（ファミリーなし）	1, 6, 7, 12 2-5, 8-11, 13-22

☒ 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

0 2 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 0 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

2 J

3 1 0 2

萩田 裕介

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2

C (続き) . 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
Y A	JP 2006-245685 A (サンクス株式会社) 2006. 09. 14, 段落【0002】 - 【0003】 (ファミリーなし)	1, 6, 7, 12 2-5, 8-11, 13-22
A	日本国実用新案登録出願 55-058642 号 (日本国実用新案登録出願公開 56-16038 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (ニッポー電気株式会社) 1981. 02. 12, 第 4 頁第 1-13 行, 第 6 頁第 8 行-第 7 頁第 11 行, 第 1, 2 図 (ファミリーなし)	2-5, 8-11, 13-22
A	JP 7-95101 B2 (ローム株式会社) 1995. 10. 11, 第 3 頁右欄第 47 行-第 4 頁左欄第 24 行, 第 8, 9, 16, 17 図 (ファミリーなし)	2-5, 8-11, 13-22