

(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
2015年5月7日(07.05.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/064370 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 22/04 (2006.01) **G01N 22/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/077541
- (22) 国際出願日: 2014年10月16日(16.10.2014)
- (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 2013-226178 2013年10月31日(31.10.2013) JP
- (71) 出願人: 王子ホールディングス株式会社 (OJI HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1040061 東京都中央区銀座四丁目7番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 澤本 英忠 (SAWAMOTO Hidetada); 〒6608577 兵庫県尼崎市常光寺4丁目3番1号 王子ホールディングス株式会社 尼崎研究センター内 Hyogo (JP). 酒巻 紀江 (SAKAMAKI Norie); 〒6608577 兵庫県尼崎市常光寺4丁目3番1号 王子ホールディングス株式会社 尼崎研究センター内 Hyogo (JP). 永田 紳一 (NAGATA Shinichi); 〒6608577 兵庫県尼崎市常光寺4丁目3番1号

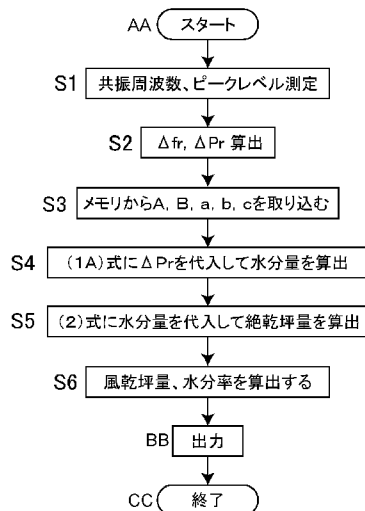
王子ホールディングス株式会社 尼崎研究センター内 Hyogo (JP).

- (74) 代理人: 野口 繁雄 (NOGUCHI Shigeo); 〒5560016 大阪府大阪市浪速区元町2丁目8-1 ラポール 難波9階 野口特許事務所 Osaka (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, 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, 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.
- (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), ユーロシェア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING PAPER DENSITY AND MOISTURE CONTENT

(54) 発明の名称: 坪量及び水分量の測定方法及装置



- S1 Measure resonant frequencies and peak levels
S2 Calculate Δf_r and ΔP_r
S3 Insert A, B, a, b, and c from memory
S4 Substitute ΔP_r into formula (1A) and calculate moisture content
S5 Substitute moisture content into formula (2) and calculate paper density at absolute dryness
S6 Calculate air dried paper density and moisture percentage
AA Start
BB Output
CC End

(57) Abstract: A resonant frequency (f_1) and peak resonance level (P_1) of a microwave resonator in a first state in which a sample is not present and a resonant frequency (f_2) and peak resonance level (P_2) of the microwave resonator in a second state in which the sample is present are measured, and a resonant frequency shift amount ($\Delta f = f_1 - f_2$) and peak level change amount ($\Delta P = P_1 - P_2$) are determined. A moisture content (WT) is determined using a calibration curve indicating the relationship between ΔP and the moisture content (WT). Using the following relationship between Δf , WT, and BD, a paper density at absolute dryness (BD) is determined from Δf and the WT value determined using the calibration curve: $\Delta f = A \cdot BD + B \cdot WT$ (A and B are constants)

(57) 要約: サンプルを設置しない第1の状態でのマイクロ波共振器における共振周波数 f_1 、共振ピークレベル P_1 と、サンプルを設置した第2の状態での前記マイクロ波共振器における共振周波数 f_2 、共振ピークレベル P_2 を測定し、共振周波数シフト量 $\Delta f (= f_1 - f_2)$ とピークレベル変化量 $\Delta P (= P_1 - P_2)$ を求める。水分量 WT は、 ΔP と水分量 WT との関係を示す検量線を用いて求める。絶乾坪量 BD は、 Δf 、WT 及び BD の関係を示す $\Delta f = A \cdot BD + B \cdot WT$ (A と B は定数) を用いて、 Δf と検量線から求めた WT とから求める。

WO 2015/064370 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 坪量及び水分量の測定方法と装置

技術分野

[0001] 本発明は、紙、不織布、フィルムをはじめとするシート状物質、特に紙シートの坪量（１平方メートル当たりの重量）と水分量をオンラインで測定する方法と装置に関するものである。

背景技術

[0002] 紙の製造工程において、坪量をオンラインで測定することは非常に重要であり、坪量は紙の品質上及び商取引上の重要な管理項目となっている。坪量だけでなく、水分率も重要な項目となっている。従来、ＢＭ計(Basis Weight & Moisture Measurement System)を用い、紙の坪量は β 線の透過減衰量から、紙の水分は近赤外線吸収量から求めるのが一般的である。ＢＭ計による坪量測定値は最も信頼性が高いとされている。

[0003] 坪量を測るには、 $Kr85$ （クリプトン）又は $Pm147$ （プロメシウム）などの放射線源から得られる β 線を用いている。坪量が大きいと β 線の減衰量が大きく、坪量が小さいと減衰量が小さいため、 β 線の透過量と坪量とは反比例に近い関係にある。坪量を正確に求めるには、 β 線の透過量と坪量との関係を示す検量線が用いられる。

[0004] 水分を測る近赤外線としては、通常、基準光、測定光及び補正光の３種類が用いられている。基準光は波長が $1.8\mu m$ であり、この波長光は水分により減衰しない。測定光は波長が $1.9\mu m$ であり、この波長光は水分により減衰する。補正光は波長が $2.1\mu m$ であり、この波長光はセルロースによる影響を受けない。水分による測定光の減衰量と水分量との関係を予め検量線として調べておくことによって、正確な水分量が求められる。

[0005] 従来のＢＭ計の坪量測定においては β 線を用いるため、線源としてクリプトン 85 又はプロメシウム 147 などの放射線源を用いなければならない。放射線源は人体に悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、測定時には線

源に近づかないように立入り禁止区域を設け、また近辺で作業する機会の多い人にはフィルムバッチの携帯を義務付け、浴びた放射線量を定期的にチェックしなければならない。また、放射線を取り扱うことができる主任技術者を配置する必要がある、放射線の取扱いに十分な注意と専門知識が要求される。

[0006] 放射線源を用いることによるこのような課題を回避する方法として、本発明者らは放射線を使用しないで紙などのシート状物質の坪量及び水分を測定する方法を提案している（特許文献1参照。）。その提案の方法は、マイクロ波誘電体共振器を用いて坪量と水分を同時に測定するものであり、紙の繊維配向などのサンプルの誘電的異方性をオンラインで測る装置の応用として、繊維配向以外に坪量及び水分量も同時に測定できることを示したものである。その提案の方法によれば、坪量はサンプルがないときの共振周波数とサンプルを配置したときの共振周波数との差である共振周波数シフト量から求められ、水分量はサンプルがないときの共振周波数でのピークレベルとサンプルを配置したときの共振周波数でのピークレベルとの差である共振ピークレベル変化量から求められる。

[0007] さらに、本発明者らは坪量と水分量又は水分率を求める具体的な方法も提案している（特許文献2参照。）。その提案の具体的な方法を概略的に示すと以下ようになる。

[0008] マイクロ波共振器を用いると、サンプルの有無により図3のように共振周波数シフト量 Δf と共振ピークレベル変化量 ΔP が現れる。サンプルの厚みを T とすると、共振周波数シフト量 Δf は $((\epsilon' - 1) \times T)$ に比例し、共振ピークレベル変化量 ΔP は $(\epsilon'' \times T)$ に比例する。

[0009] 一方、図6のように紙を絶乾部分と水とに分離したモデルを考え、測定している絶乾部分の体積を V_1 、水の体積を V_2 とすると、以下の式が成立する。

$$\Delta f = K_f (V_1 \cdot \epsilon'_1 + V_2 \cdot \epsilon'_2) \quad (3)$$

$$\Delta P = K_p (V_1 \cdot \epsilon''_1 + V_2 \cdot \epsilon''_2) \quad (4)$$

ここで、 K_f 、 K_p はディメンジョンを合わせるための比例定数、 ε'_1 は絶乾の紙の誘電率、 ε'_2 は水の誘電率、 ε''_1 は絶乾の紙の誘電損失率、 ε''_2 は水の誘電損失率（周波数、束縛の程度、温度によっても変わる）である。

[0010] Δf と ΔP の実測データを用いて上の連立方程式（３），（４）を解くことにより V_1 と V_2 を求める。そして、 V_1 、 V_2 と絶乾坪量（ BD ）、水分量（ WT ）との間には、

$$\text{絶乾坪量 (BD)} = \beta \cdot V_1 \quad (5)$$

$$\text{水分量 (WT)} = \gamma \cdot V_2 \quad (6)$$

（ β は絶乾状態の紙の比重、 γ は水の比重）の関係があることから、 V_1 から絶乾坪量、 V_2 から水分量をそれぞれ求める。これが特許文献２で提案の方法である。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献１：特開２００６－３４９４２５号公報（米国特許第７，４２３，４３５Ｂ２号公報）

特許文献２：WO 2011/092889（US-2013-0025350-A1）

非特許文献

[0012] 非特許文献１：JIS P 8124（１９５６年制定、２０１１年改定）

非特許文献２：JIS P 8127（１９５８年制定、２０１０年改定）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 本発明は、特許文献２に記載の方法とは異なる方法により、マイクロ波共振器を用いて紙の坪量と水分量を求める新しい方法と装置を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の坪量・水分量測定方法は、以下のステップS 1からS 3を含んでいる。

(ステップS 1) サンプルを設置しない第1の状態でのマイクロ波共振器における共振周波数 f_1 、共振ピークレベル P_1 と、サンプルを設置した第2の状態での前記マイクロ波共振器における共振周波数 f_2 、共振ピークレベル P_2 を測定し、共振周波数シフト量 Δf ($= f_1 - f_2$) とピークレベル変化量 ΔP ($= P_1 - P_2$) を求めるステップ、

(ステップS 2) ΔP と水分量 W_T との関係を示す検量線(1)

$$W_T = F(\Delta P) \quad (1)$$

($F(\Delta P)$ は ΔP の関数)

を用い、ステップS 1で求めた ΔP から前記サンプルの水分量 W_T を求めるステップ、及び

(ステップS 3) Δf 、 W_T 及び B_D の関係を示す以下の式(2)

$$\Delta f = A \cdot B_D + B \cdot W_T \quad (2)$$

(A と B は定数である。)

を用いて、ステップS 1で求めた Δf とステップS 2で求めた W_T とから前記サンプルの絶乾坪量 B_D を求めるステップ。

[0015] 検量線(1)を決定するための W_T と、定数 A 、 B を決定するための B_D と W_T は、複数の標準サンプルについてマイクロ波共振器以外の装置、例えばBM計を用いて、又はマイクロ波共振器もマイクロ波共振器以外の前記装置も用いない方法により別途取得する。そして、検量線(1)は、別途取得した W_T と該当する標準サンプルについて前記マイクロ波共振器を用いて得られた測定値 ΔP とから求め、定数 A 、 B は、別途取得した B_D と W_T を(2)式に当てはめて得られた Δf が、該当する標準サンプルについて前記マイクロ波共振器を用いて得られた測定値 Δf に最も近くなるような定数 A 、 B の組み合わせとして求める。

[0016] B_D と W_T を別途求めるためのマイクロ波共振器以外の装置として、例えばBM計を用いることができる。BM計は放射線源を用いるが、BM計を使

用するとしても本発明ではBM計を使用するのは検量線と定数A、Bを決めるための標準サンプルを測定するときだけである。いったん検量線と定数A、Bが決まれば、その後の実際のサンプルの測定時にはマイクロ波共振器を備えた測定装置を使用するだけであり、もはやBM計は必要ではない。そのため、本発明では放射線源を用いることによる前述の問題はない。

[0017] マイクロ波共振器もBM計などのマイクロ波共振器以外の装置も用いない方法の一例として、絶乾坪量は「紙及び板紙?坪量の測定方法、JIS P 8124（1956年制定、2011年改定）」（非特許文献1参照。）の付属書Aに規定されている絶乾坪量の測定方法に記載の方法が挙げられ、水分は「紙及び板紙?ロットの水分試験方法?乾燥器による方法、JIS P 8127（1958年制定、2010年改定）」（非特許文献2参照。）に規定されている方法が挙げられる。これらの日本工業規格の測定方法は、いずれもオフライン用の測定方法であって、BM計の検定を行う際に実施されるものである。

[0018] 日本工業規格の測定方法に基づく絶乾坪量の測定方法は、以下のように行う。

（1）採取したシート状試料の面積をあらかじめ測定する。

（2）試料を熱した乾燥機に入れて重量変化がなくなるまで含有水分を十分に除去し、すぐに試料重量を測定する。

（3）絶乾坪量を、乾燥後の試料重量を、加熱前に測定した試料面積で割ることにより得る。

日本工業規格の測定方法に基づく水分の測定方法は以下のように行う。

（1）採取したシート状試料の面積及び重量をあらかじめ測定する。

（2）絶乾坪量の測定方法と同様に試料を熱した乾燥機に入れて重量変化がなくなるまで含有水分を十分に除去し、すぐに試料重量を測定する。

（3）水分率を求める場合は下記（a）式、水分量を求める場合は下記（b）式により計算する。

水分率＝〔（加熱前の試料重量－加熱後の試料重量）／（加熱前の試料重

量)] × 100 (a)

水分量 = (加熱前の試料重量 − 加熱後の試料重量) / (加熱前の試料面積)
(b)

[0019] 以上の二つの測定方法において、試料重量を測定する際には、試料に含まれる水分の変化が測定誤差に起因するため、重量測定時の水分変化を防ぐ目的で秤量瓶を用いるなど、十分に注意を払う必要がある。

[0020] ここで、(2) 式を導出する過程を説明する。(3) 式について、V1 と V2 をそれぞれ (5), (6) に基づいて BD (絶乾坪量) と WT (水分量) として書き換えると、次の (3A) 式となる。

$$\Delta f = K f \left((BD / \beta) \cdot \varepsilon' 1 + (WT / \gamma) \cdot \varepsilon' 2 \right) \quad (3A)$$

ここで (3A) 式の定数部分をまとめると (2) 式となる。

$$\Delta f = A \cdot BD + B \cdot WT \quad (2)$$

[0021] (1) 式は、ΔP と水分量 WT との関係を示す検量線を ΔP の関数とする一般式で表わしたものである。一実施形態では、検量線の具体的な一例として、以下の近似式

$$WT = a \cdot \Delta P^3 + b \cdot \Delta P^2 + c \cdot \Delta P \quad (1A)$$

で表わされるものを使用する。この場合、検量線の決定は、複数の標準サンプルについて別途取得した WT と該当する標準サンプルについてマイクロ波共振器を用いて得られた測定値 ΔP を (1A) 式に当てはめて、定数 a、b、c を決定することに相当する。

[0022] 他の実施形態では、さらに、以下の式を用いて、風乾坪量 (g/m²) 及び水分率 (%) まで求める。絶乾坪量とは、水分率が 0% のときにおける坪量を意味する。

$$\text{風乾坪量} = \text{絶乾坪量} BD + \text{水分量} WT \quad (7)$$

$$\text{水分率} = \text{水分量} WT \times 100 / \text{風乾坪量} \quad (8)$$

[0023] 本明細書では、水分の量に関する用語として「水分率」と「水分量」を同等なものとしてともに使用している。「水分率」と「水分量」は、(7),

(8) 式から、次の関係がある。

$$\text{水分率} = (\text{水分量 } W_T / (\text{絶乾坪量 } B_T + \text{水分量 } W_T)) \times 100$$

[0024] 本発明の坪量・水分量測定装置は、マイクロ波共振器と、前記マイクロ波共振器に電界ベクトルを発生させるマイクロ波用励振装置と、前記マイクロ波共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置と、前記検出装置からサンプルを設置しない第1の状態での前記マイクロ波共振器の共振周波数 f_1 とその共振周波数 f_1 位置でのピークレベル P_1 と、サンプルを設置した第2の状態での前記マイクロ波共振器の共振周波数 f_2 とその共振周波数 f_2 位置でのピークレベル P_2 を取り込み、前記サンプルの絶乾坪量と水分量を算出するデータ処理装置とを備えている。データ処理装置の詳しい構成は後述する。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、マイクロ波共振器を用いて紙などのシート状物質の坪量及び水分量（水分率）を測定する際に、放射線を使用せず、安全に測定できる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]坪量・水分量測定装置の好ましい一実施形態を示すブロック図である。

[図2A]一実施例で使用する誘電体共振器を示す平面図である。

[図2B]同共振器の垂直断面図である。

[図3]サンプルの有無による誘電体共振器における共振カーブの変化を示す波形図である。

[図4]5個の誘電体共振器を配置した配向計測定部の一例を示す平面図である。

[図5]図4に示した5個の誘電体共振器から得られた配向パターンの一例を示す図である。

[図6]水分モデルを示す断面図である。

[図7] ΔP と水分量の相関を表わす検量線の一例を示すグラフである。

[図8]5個の誘電体共振器からの信号を処理する回路を示すブロック図である。

。

[図9]図8のブロック図における信号処理を示すタイムチャートである。

[図10]図8の回路中の一つの誘電体共振器についての信号処理回路を詳細に示すブロック図である。

[図11] Δf_r を求める手順を示すフローチャートである。

[図12] ΔP_r を求める手順を示すフローチャートである。

[図13]定数を決定する手順を示すフローチャートである。

[図14]サンプル測定動作の一例を示すフローチャートである。

[図15]BM計による水分量測定値とマイクロ波共振器での測定結果との相関を示すグラフである。

[図16]BM計による絶乾坪量測定値とマイクロ波共振器での測定結果との相関を示すグラフである。

[図17]BM計による風乾坪量測定値とマイクロ波共振器での測定結果との相関を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0027] まず、坪量及び水分量（又は水分率）を測定する装置の概要について説明する。

[0028] マイクロ波共振器を用いて紙の繊維配向を測定するのではなく、紙の坪量と水分量を測定する場合には、誘電率の異方性をキャンセルする必要がある。キャンセルする方法としては、例えば1個のマイクロ波共振器を使用する方法がある。マイクロ波共振器は空洞共振器であっても誘電体共振器であってもよい。この場合、空洞共振器の場合は円筒空洞共振器や球形空洞共振器などを用いて、例えば電界ベクトルがループ状になる TE_{011} モードのように、電界ベクトルがある方向に偏らない共振モードを選択する。誘電体共振器の場合は、エバネセント波の電界ベクトルがある一定方向に偏って向くのではなく、円柱型誘電体共振器を用いて四方八方に向く電界分布、又はループ状となる電界分布などの電界分布となる共振モードを選択するのが望ましいのは当然である。この場合はサンプルがないときとあるときにおける共振器に

よって得られる共振周波数シフト量と共振ピークレベル変化量をそのまま用いて坪量と水分量を算出することができる。

[0029] オンラインで紙の繊維配向などのサンプルの誘電的異方性を測る装置の応用として坪量及び水分量も測定する場合には、逆にサンプルの誘電率異方性の影響を受けてしまう問題がある。誘電率はテンソルであるため方向によって値が異なるが、坪量や水分量はスカラー量であるため方向によって値が異なることはない。坪量又は水分量を測定するときはこの誘電率異方性をいかにキャンセルするかが課題である。

[0030] サンプルの誘電的異方性を測る装置でサンプルの誘電率異方性をキャンセルする方法を説明する。図2Aと図2Bに矩形のマイクロ波誘電体共振器の概観図を示す。図2Aは平面図、図2Bはそのアンテナ2a、2bを通る位置での垂直断面図である。誘電体共振器1が一方のアンテナ2aにより励振され、もう一方のアンテナ2bから出力を出す。共振器1やアンテナ2a、2bはシールドケース4内に収容されている。

[0031] ほとんどの共振エネルギーは共振器1の内部に閉じ込められているが、一部はエバネセント波として表面にしみ出している。矩形の誘電体共振器の場合、共振モードを適切に選択することによって、共振器表面にしみ出した電界分布は長辺方向と平行になる。ここでは電界分布が長辺方向と平行になるそのような共振モードで使用する。エバネセント波6の電界ベクトルのほとんどすべてが平行になっていると、サンプル8の誘電率異方性、つまり配向性を測定することが可能になる。

[0032] 誘電体共振器1の上面にサンプル8を近接又は接触させて配置すると、エバネセント波6の電界ベクトル方向の誘電率に対応して図3のように共振周波数が低周波数側にシフトする。その共振周波数シフト量を Δf とする。共振周波数シフト量はサンプルがない場合のブランク時の共振周波数 f_1 からサンプルがあるときの共振周波数 f_2 を引いた値と定義される。

[0033] 誘電体共振器1の上面にサンプル8を近接又は接触させて配置すると、共振周波数のシフトと同時に、サンプルの誘電損失率に対応して共振周波数位

置でのピークレベルが下がる。そのピークレベル変化量を ΔP とする。ピークレベル変化量はサンプルがない場合のブランク時の共振周波数位置でのピークレベル P_1 からサンプルがあるときの共振周波数位置でのピークレベル P_2 を引いた値と定義される。サンプルの誘電率を ε' 、誘電損失率を ε'' 、サンプルの厚みを T とすると、周波数シフト量 Δf は $(\varepsilon' - 1) \times T$ に比例し、ピークレベル変化量 ΔP は、 $\varepsilon'' \times T$ に比例する。

[0034] 配向性を測定する場合は、誘電率の異方性を見ればよい。そこで、複数の矩形誘電体共振器を互いに方向が異なるように配置し、各共振器における共振周波数シフト量を検知すれば、誘電率異方性がわかる。

[0035] 図4に、例えば5個の矩形誘電体共振器1a～1eを基準方向から互いに異なる方向(θ)をもつように配置した場合のレイアウト例を示す。5個の共振器1a～1eはなるべく近い場所を測定できるように互いに接近して配置することが好ましい。この例では、直径200mmの円内に5個の共振器1a～1eを配置している。基準方向は任意に定めることができるが、ここでは一例としてサンプルの移動方向(MD方向)を基準方向とする。

[0036] これに対応した配向パターンを図5に示す。これは角度を θ 、原点からの距離を r とする極座標(r, θ)上に、共振器1a～1eの方向(θ)を角度 θ とし、それぞれの共振器が検出した共振周波数シフト量 Δf を r としてプロットし、楕円近似を行ったものである。楕円の長軸方向が周波数シフト量の最大方向を示すため、この方向でサンプルの誘電率が最大となる。したがって、この方向に繊維又は分子鎖が並んでいることになる。楕円の長軸方向が配向角度(ϕ)である。一方、配向度は近似した楕円の長軸 a と短軸 b の差又は比で表すことができる。

[0037] 特許文献1に記載の発明は、紙などのシート状物質の繊維配向又は分子配向を誘電率の異方性から求める方法と装置の副次的なものとして考え出されたものであり、配向測定と同時に坪量も測定できるというものである。そのために、スカラー量である坪量を測定する場合、誘電率の方向依存性が逆に障害となる。共振周波数シフト量を極座標上にプロットすると、サンプルが

無配向でない場合、例えば図5のようにサンプルの誘電率方向依存性によって異なる値になる。しかし、坪量はスカラーであるため、方向依存性を有しない。

[0038] その誘電率の異方性に起因する共振周波数シフト量の方向依存性をキャンセルする第1の方法は、複数個の共振器の共振周波数シフト量を単純に平均化処理する方法である。

[0039] 方向依存性をキャンセルする第2の方法として、図5のように共振周波数シフト量 Δf を極座標上にプロットし、楕円近似をしてできる楕円体の面積と同面積の円の半径をサンプルの誘電的異方性をキャンセルした換算シフト量 Δf_r とする方法である。例えば、シート状サンプルの一面側のみに配置された複数個（個数を n とする。）の矩形誘電体共振器をその長辺方向がそれぞれ基準方向から異なる方向（ θ ）を向くように同一平面上に配置してそれぞれの共振器の共振周波数 $f_{2_1} \sim f_{2_n}$ を測定し、あるサンプルについて各矩形誘電体共振器の共振周波数シフト量 $\Delta f_1 \sim \Delta f_n$ を求める。シフト量 $\Delta f_1 \sim \Delta f_n$ は、先に定義したように、サンプルがない場合の共振周波数 f_1 とサンプルがある場合の各矩形誘電体共振器の共振周波数 $f_{2_1} \sim f_{2_n}$ との差である。次に、角度を θ 、原点からの距離を r とする極座標（ r, θ ）上に、前記方向（ θ ）を角度 θ とし、シフト量 $\Delta f_1 \sim \Delta f_n$ を r としてプロットし、図5のように楕円近似処理により楕円を描き、その楕円の面積を求める。その楕円の面積と同面積の円の半径を求めると、この半径が異方性をキャンセルした共振周波数シフト量に相当する。

[0040] サンプルの誘電的異方性を測る装置で本発明の一実施形態の坪量・水分量測定方法を実施する場合は、マイクロ波共振器としてサンプルの一面側のみに配置された複数個（個数を n とする。）の矩形誘電体共振器を、それらの共振器の長辺方向がそれぞれ異なる方向（ θ ）を向くように同一平面上に配置する。そして、方向（ θ ）を角度 θ としそれらの共振器の共振周波数シフト量 $\Delta f_1 \sim \Delta f_n$ を r として、角度を θ 、原点からの距離を r とする極座標（ r, θ ）上にプロットし、楕円近似処理により楕円を描き、その楕円の面積

と同面積の円の半径 $\Delta f r$ を求めて、その $\Delta f r$ を(2)式中の Δf とする。
また、それらの共振器のピークレベル変化量 $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ を求め、次の(A)から(C)のいずれかの $\Delta P r$ を(1)式中の ΔP とする。

(A) $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ のいずれかからなる $\Delta P r$ 。

(B) $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ の平均値からなる $\Delta P r$ 。

(C) 前記方向(θ)を角度 θ とし $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ を r として、角度を θ 、原点からの距離を r とする極座標(r, θ)上にプロットし、楕円近似処理により楕円を描き、その楕円の面積と同面積の円の半径として求めた $\Delta P r$ 。

[0041] 以下の説明では、上記いずれかの方法で誘電的異方性をキャンセルした周波数シフト量 Δf が得られたという前提で記述する。

[0042] 検量線を決定する作業と、 Δf 、WT及びBDの関係を示す(2)式中の定数A、Bを決定する作業は、コンピュータ上で適当なプログラムを使用することにより実行することができる。

[0043] まず、複数の標準サンプルについて、一例としてBM計により絶乾坪量BDと水分量WTを測定する。一方、それらの標準サンプルについてマイクロ波共振器を備えた測定装置により Δf と ΔP を測定する。

[0044] 検量線を表わす関数 $WT = F(\Delta P)$ は、 ΔP の一次関数にならないことがわかった。2次関数又は3次関数で近似することができる。そこで、例えば(1A)式のような3次関数で近似し、測定値WTと ΔP を当てはめて最小二乗法により定数a、b、cを決定する。

[0045] また、検量線を2次関数で近似してもよい。その場合は定数aをゼロにして、最小二乗法により定数b、cを決定する。このように、検量線を2次関数で近似して求めた検量線の一例を図7に示す。横軸の ΔP はマイクロ波共振器を備えた測定装置による測定値、縦軸はBM計による水分量WTの測定値である。図7の検量線は決定係数 R^2 (R は相関係数)が0.9897という高い値を示しており、検量線として信頼性の高いものであることを示している。

[0046] なお、水分量WTは、 ΔP と、 ΔP 以外の説明変数による、重回帰式で近

似することもできる。 ΔP 以外の説明変数としては、例えば、サンプルの絶乾部分の誘電損失が挙げられる。

[0047] Δf 、 WT 及び BD の関係を示す(2)式中の定数 A 、 B を決定する作業は、次のように行う。ある一つの定数 A 、 B の組(A 、 B)について、例えば BM 計から得られた量 BD と WT を当てはめて Δf を計算する。その計算値 Δf とマイクロ波共振器を用いて測定された測定値 Δf との差を複数の標準サンプルについて計算し、 Δf の差の分散又は標準偏差を求める。別の A 、 B の組(A 、 B)についても同様に分散又は標準偏差を計算する。種々の A 、 B の組(A 、 B)のうち、分散又は標準偏差が最も小さくなった A 、 B の組(A 、 B)を(2)式中の定数 A 、 B として決定する。このような計算のプログラムの一例として、「ソルバー」(マイクロソフト社製表計算ソフト「エクセル」の機能の1つ)と称されるプログラムを使用することができる。

[0048] 本発明の坪量・水分量測定装置の一実施形態を、図1を参照して説明する。同坪量・水分量測定装置は、マイクロ波共振器100と、共振器100に電界ベクトルを発生させるマイクロ波用励振装置102と、共振器100による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置104と、検出装置104からサンプルを設置しない第1の状態でのマイクロ波共振器100の共振周波数 f_1 とその共振周波数 f_1 位置でのピークレベル P_1 と、サンプルを設置した第2の状態でのマイクロ波共振器100の共振周波数 f_2 とその共振周波数 f_2 位置でのピークレベル P_2 を取り込み、サンプルの絶乾坪量と水分量を算出するデータ処理装置106とを備えている。

[0049] データ処理装置106はこの測定装置の専用のコンピュータにより、又は外部に接続されたパーソナルコンピュータなどのコンピュータにより実現されるものである。データ処理装置106は、 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部108、定数／検量線決定部112、定数／検量線記憶部114及び絶乾坪量・水分量算出部120を備えている。

[0050] $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部108は、検出装置104から取り込んだ共振周波数 f

1, f_2 とピークレベル P_1 , P_2 から共振周波数シフト量 Δf ($= f_1 - f_2$) とピークレベル変化量 ΔP ($= P_1 - P_2$) を算出する。

[0051] 定数／検量線決定部 112 は、複数の標準サンプルについて別途取得した水分量 W_T と該当する標準サンプルについて $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部 108 で算出された ΔP とから ΔP と水分量 W_T との関係を示す検量線を求め、複数の標準サンプルについて別途取得した絶乾坪量 B_D と W_T を Δf 、 W_T 及び B_D の関係を示す以下の式 (2)

$$\Delta f = A \cdot B_D + B \cdot W_T \quad (2)$$

に当てはめて得られた Δf が、該当する標準サンプルについて $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部 108 で算出された Δf に最も近くなるような定数 A , B の組み合わせを求める。

[0052] 定数／検量線記憶部 114 は、定数／検量線決定部 112 で決定された定数 A , B と検量線を保持する。

[0053] 絶乾坪量・水分量算出部 120 は、 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部 108 で算出された ΔP を定数／検量線記憶部 114 に保持されている検量線に当てはめてサンプルの水分量 W_T を求め、そのように求められた W_T 、 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部 108 で算出された Δf 及び定数／検量線記憶部 114 に保持されている定数 A , B を式 (2) に当てはめてサンプルの絶乾坪量を求める。

[0054] 定数／検量線決定部 112 は、 B_D と W_T を、複数の標準サンプルについてマイクロ波共振器以外の絶乾坪量・水分測定装置 110 を用いて、又はマイクロ波共振器もマイクロ波共振器以外の絶乾坪量・水分測定装置 110 も用いない方法により取得する。そのような絶乾坪量・水分測定装置 110 は特に限定されるものではないが、その一例は BM 計である。

[0055] 好ましい実施形態では、定数／検量線決定部 112 は、検量線を以下の近似式

$$W_T = a \cdot \Delta P^3 + b \cdot \Delta P^2 + c \cdot \Delta P \quad (1A)$$

に当てはめて定数 a , b , c を決定するものである。その場合、定数／検量線記憶部 114 は検量線に相当するものとして定数／検量線決定部 112 が

決定した定数 a 、 b 、 c を記憶するものとなり、絶乾坪量・水分量算出部 120 は定数／検量線記憶部 114 に保持されている定数 a 、 b 、 c を (1A) 式に当てはめたものを検量線として用いて水分量 WT を求めるものとなる。

[0056] 他の好ましい実施形態では、データ処理装置 106 は風乾坪量と水分率を求める風乾坪量・水分率算出部 122 をさらに備えている。

[0057] さらに他の好ましい実施形態では、マイクロ波共振器 100 はサンプルの一面側のみに配置される複数個の矩形誘電体共振器であって、それらの共振器の長辺方向がそれぞれ異なる方向 (θ) を向くように同一平面上に配置されたものである。その場合、 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部 108 は異方性がキャンセルされた前述の Δf_r と ΔP_r を算出するものとなり、絶乾坪量・水分量算出部 120 は $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部 108 により算出された Δf_r と ΔP_r を用いて演算を行うものとなる。

[0058] 本発明の測定装置の一実施例を図 8 から図 10 により具体的に示す。これはサンプルの誘電的異方性を測る装置で本発明を実現する実施例である。5 個の誘電体共振器 1a～1e を配置し、図 8 のブロック図で示す信号処理回路を用いて、図 9 に示すタイムチャートに基づいて信号を処理して共振周波数と共振ピークレベルを測定する。

[0059] マイクロ波発振手段の一つであるマイクロ波スイーパ発振器 21 から出た信号を、アイソレータ 22a～22e を介して誘電体共振器 1a～1e に分配している。各共振器 1a～1e からの出力はそれぞれの検波ダイオード 23a～23e で電圧に変換され、それぞれの増幅及び A/D 変換回路部 24a～24e を通ってそれぞれのピーク検出及び平均化処理回路部 25a～25e に入る。

[0060] 共振周波数の測定は次のように行われる。図 9 に示したようにマイクロ波スイーパ発振器 21 が周波数を掃引する。例えば周波数を、4 ギガヘルツを中心に 10 msec で 250 MHz 掃引することによって連続的に周波数が上げられる。その周波数掃引により、ピーク検出及び平均化処理回路部 25

a～25eではマイクロ波透過強度から共振カーブが得られる。共振カーブは100000個/10msecのデータとして得られ、そのデータからVHDL (VHSIC Hardware Description Language) によるハードウェアでピーク位置が短時間で求められる。ピーク検出及び平均化処理回路部25a～25eはそのスイープ信号21sからスタートパルス部分を検知して共振レベルがピークに達するまでの時間を測定し、その時間から比例計算によって共振周波数を求める。

[0061] この方法では、掃引開始タイミングをスイープ信号の立ち上がりであるスタートパルス部分によって検知できるため、そこからピークレベルに達するまでの時間を計測し、10msecで250MHzの掃引速度から計算して共振周波数が測定される。これを、例えば50msecの周期で繰り返し、20回平均で1つの共振周波数としている。このように1回の掃引時間は10msecと非常に短く、高速で信号を増幅し、デジタル処理を行っているわけである。

[0062] 図10に図8に示した回路中の一つの誘電体共振器についての検出系の回路をさらに詳細に示した。他の誘電体共振器についての検出系の回路も同じである。先に説明した増幅及びA/D変換回路部24aは、一例としては増幅回路31とA/Dコンバータ部LS132からなる。増幅及びA/D変換回路部24aからのデジタル出力はピーク検出及び平均値化処理回路部25aに入る。ピーク検出及び平均化処理回路部25aは、一例としてはピーク検出LS1と平均化処理LS1からなる。ピーク検出LS1は正確に言えば共振ピークレベル検出回路ももっている。このLS1において共振ピーク検出として共振周波数と共振ピークレベルの両方を検出し、平均化処理LS1ではスイープ毎に得られる共振周波数と共振ピークレベルの平均化処理を行っている。

[0063] ピーク検出及び平均化処理回路部25a～25eの後段にはマイクロコンピュータ26が接続され、各誘電体共振器検出系からの信号がマイクロコンピュータ26に入力される。マイクロコンピュータ26はピーク検出及び平

均化処理回路部 25 a ~ 25 e からの共振周波数と共振ピークレベルをまとめて後段のパーソナルコンピュータ 27 に送信する。マイクロコンピュータ 26 はまた、各増幅及び A/D 変換回路部 24 a ~ 24 e、ピーク検出及び平均化処理回路部 25 a ~ 25 e を誘電体共振器系毎に制御して動作させるための制御機能ももっている。

[0064] パーソナルコンピュータ 27 はマイクロコンピュータ 26 からの出力を演算して坪量と水分量を求めてデータとして表示したり記憶したりするデータ処理装置 106 の機能を果たす。

[0065] ここで、図 10 において、増幅及び A/D 変換回路部 24 a において増幅後の出力にはノイズによるリップルが含まれているため、増幅回路 31 ではコンデンサ C1 と抵抗 R2 から構成される RC 回路をフィードバックラインに挿入し、リップル電圧を吸収軽減し、変動の少ない直流電圧を得ている。

[0066] パーソナルコンピュータ 27 により実現されるデータ処理装置の機能は図 1 に示されたものである。

[0067] 矩形誘電体共振器を 5 個用いた場合についてさらに具体的に説明する。

[0068] 図 11 に Δf_r を計算する手順を示す。

[0069] ブランクの共振周波数を各誘電体共振器について求め、それぞれ、 f_{01} 、 f_{02} 、 f_{03} 、 f_{04} 、 f_{05} とする。

[0070] サンプルの共振周波数を各誘電体共振器について求め、それぞれ、 f_{s1} 、 f_{s2} 、 f_{s3} 、 f_{s4} 、 f_{s5} とする。

[0071] 各誘電体共振器について、共振周波数シフト量 Δf を計算し、それぞれ、 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_3 、 Δf_4 、 Δf_5 とする。ただし、

$$\Delta f_1 = f_{01} - f_{s1}$$

$$\Delta f_2 = f_{02} - f_{s2}$$

$$\Delta f_3 = f_{03} - f_{s3}$$

$$\Delta f_4 = f_{04} - f_{s4}$$

$$\Delta f_5 = f_{05} - f_{s5}$$

[0072] 5 点の Δf を極座標に表示し、楕円近似をし、楕円の面積 S を計算する。

楕円の面積を同じ面積の円の半径 r を求め、それを換算シフト量 Δf_r とする。

$$\Delta f_r = (S / \pi)^{1/2}$$

[0073] この Δf_r が誘電率異方性をキャンセルした共振周波数シフト量である。

[0074] ピークレベルについては誘電率ほどの異方性はないので、サンプルの有無における 1 つの誘電体共振器についてのピークレベル変化量を ΔP として採用してもよく、5 つの誘電体共振器についてのピークレベル変化量の平均値を ΔP として採用してもよい。そのような ΔP を採用してもそれほどの誤差は生じない。しかし、さらに異方性をキャンセルしようとするれば、誘電率の異方性をキャンセルしたのと同じように行うことができる。その場合の手順を図 12 に示す。

[0075] 各誘電体共振器についてブランクの共振周波数位置でのピークレベル $P_{01} \sim P_{05}$ を測定する。各共振器についてサンプルがあるときの共振周波数位置でのピークレベル $P_{s1} \sim P_{s5}$ を測定する。各共振器についてピークレベル変化量 $\Delta P_1 \sim \Delta P_5$ を求める。 $\Delta P_1 \sim \Delta P_5$ を極座標上に表示し、楕円近似処理により楕円の面積を求める。その楕円の面積と同面積の円の半径を求め、その円の半径をそのサンプルの誘電的異方性をキャンセルした換算ピークレベル変化量 ΔP_r とする。

[0076] 検量線と定数 A , B を決定する方法はすでに述べたが、その手順を図 13 に改めて示す。

[0077] 坪量又は水分量の異なる複数の標準サンプルについて、マイクロ波共振器を用いた測定装置により共振周波数シフト量 Δf とピークレベル変化量 ΔP を測定し、例えば BM 計により絶乾坪量 (BD) と水分量 (WT) を測定する。

[0078] 検量線は、例えば BM 計により測定した水分量 (WT) と該当する標準サンプルについてマイクロ波共振器を用いて得られたピークレベル変化量 ΔP とから求める。検量線を例えば (1 A) 式のような 3 次関数で近似したとして定数 a , b , c を決定する。

[0079] 絶乾坪量を求めるための関係式(2)の定数A、Bは、例えばBM計により測定した絶乾坪量(BD)と水分量(WT)を(2)式に当てはめて算出した Δf が、該当する標準サンプルについてマイクロ波共振器を用いて得られた測定値 Δf に最も近くなるような定数A、Bの組み合わせとして求める。

[0080] この実施例において、絶乾坪量及び水分量、さらに風乾坪量及び水分率まで求める動作を図14に示す。

[0081] 定数A、B、a、b、cを決定するための標準サンプルを測定したマイクロ波共振器を用い、サンプルがないときのマイクロ波共振器における共振周波数と共振ピークレベルを測定しておく。その同じマイクロ波共振器によりサンプルを配置して共振周波数と共振ピークレベルを測定する(ステップS1)。

[0082] サンプル有無に関する共振周波数シフト量 Δf_r と共振ピークレベル変化量 ΔP_r を求める(ステップS2)。

[0083] メモリの定数記憶部114から定数A、B、a、b、cを取り込み、上記(1A)式と(2)式に代入する。(ステップS3)。

[0084] (1A)式に、 ΔP としての ΔP_r を代入して水分量WTを算出する(ステップS4)。

[0085] (2)式に、 Δf としての Δf_r と、ステップS4で算出したWTを代入して絶乾坪量BDを算出する(ステップS5)。

[0086] さらに上記(7)、(8)式を用いて風乾坪量及び水分率を算出する(ステップS6)。

[0087] (測定例1)

複数のサンプルについて、実際の抄紙機において本発明の実施例の装置により水分量を求めた結果を図15の縦軸に示し、同サンプルについてBM計により水分量を測定した結果を図15の横軸に示した。両水分量を一次関数で近似すると決定係数 R^2 が0.9897という高い値をもつ。このことから、本発明により水分量を高精度に測定できることがわかる。

[0088] (測定例2)

複数のサンプルについて、実際の抄紙機において本発明の実施例の装置により絶乾坪量を求めた結果を図16の縦軸に示し、同サンプルについてBM計により絶乾坪量を測定した結果を図16の横軸に示した。両絶乾坪量を一次関数で近似すると決定係数 R^2 が0.9829という高い値をもつ。このことから、本発明により絶乾坪量を高精度に測定できることがわかる。

[0089] (測定例3)

複数のサンプルについて、実際の抄紙機において本発明の実施例の装置により風乾坪量を求めた結果を図17の縦軸に示し、同サンプルについてBM計により風乾坪量を測定した結果を図17の横軸に示した。両風乾坪量を一次関数で近似すると決定係数 R^2 が0.9853という高い値をもつ。このことから、本発明により風乾坪量を高精度に測定できることがわかる。

符号の説明

[0090]	1, 1a ~ 1e	誘電体共振器
	2a, 2b	アンテナ
	6	エバネセント波
	8	サンプル
	27	パーソナルコンピュータ
	100	マイクロ波共振器
	102	マイクロ波用励振装置
	104	検出装置
	106	データ処理装置
	108	$\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部
	110	絶乾坪量・水分測定装置
	112	定数／検量線決定部
	114	定数／検量線記憶部
	120	絶乾坪量・水分量算出部
	122	風乾坪量・水分率算出部

請求の範囲

[請求項1]

(ステップS 1) サンプルを設置しない第1の状態でのマイクロ波共振器における共振周波数 f_1 、共振ピークレベル P_1 と、サンプルを設置した第2の状態での前記マイクロ波共振器における共振周波数 f_2 、共振ピークレベル P_2 を測定し、共振周波数シフト量 Δf ($= f_1 - f_2$) とピークレベル変化量 ΔP ($= P_1 - P_2$) を求めるステップ、

(ステップS 2) ΔP と水分量 W_T との関係を示す検量線 (1)

$$W_T = F(\Delta P) \quad (1)$$

($F(\Delta P)$ は ΔP の関数)

を用い、ステップS 1 で求めた ΔP から前記サンプルの水分量 W_T を求めるステップ、及び

(ステップS 3) Δf 、 W_T 及び B_D の関係を示す以下の式 (2)

$$\Delta f = A \cdot B_D + B \cdot W_T \quad (2)$$

(A と B は定数である。)

を用いて、ステップS 1 で求めた Δf とステップS 2 で求めた W_T とから前記サンプルの絶乾坪量 B_D を求めるステップ、を含む坪量・水分量測定方法であって、

前記検量線 (1) を決定するための W_T と、前記定数 A 、 B を決定するための B_D と W_T は、複数の標準サンプルについてマイクロ波共振器以外の装置を用いて、又はマイクロ波共振器もマイクロ波共振器以外の前記装置も用いない方法により別途取得し、

前記検量線 (1) は、別途取得した W_T と該当する標準サンプルについて前記マイクロ波共振器を用いて得られた測定値 ΔP とから求め、

前記定数 A 、 B は、別途取得した B_D と W_T を前記 (2) 式に当てはめて得られた Δf が、該当する標準サンプルについて前記マイクロ波共振器を用いて得られた測定値 Δf に最も近くなるような定数 A 、

Bの組み合わせとして求める坪量・水分量測定方法。

[請求項2] 前記検量線(1)は、以下の近似式

$$WT = a \cdot \Delta P^3 + b \cdot \Delta P^2 + c \cdot \Delta P \quad (1A)$$

に当てはめて定数a、b、cを決定することにより求める請求項1に記載の坪量・水分量測定方法。

[請求項3] さらに、以下の式を用いて、風乾坪量及び水分率まで求める請求項1又は2に記載の坪量・水分量測定方法。

$$\text{風乾坪量} = \text{絶乾坪量} BD + \text{水分量} WT$$

$$\text{水分率} = \text{水分量} WT \times 100 / \text{風乾坪量}$$

[請求項4] 前記マイクロ波共振器としてサンプルの一面側のみに配置される複数個の矩形誘電体共振器を、それらの共振器の長辺方向がそれぞれ異なる方向(θ)を向くように同一平面上に配置し、

前記方向(θ)を角度 θ としそれらの共振器の共振周波数シフト量 $\Delta f_1 \sim \Delta f_n$ を r として、角度を θ 、原点からの距離を r とする極座標(r, θ)上にプロットし、楕円近似処理により楕円を描き、その楕円の面積と同面積の円の半径 Δf_r を求めて、その Δf_r を請求項1中の Δf とし、

それらの共振器のピークレベル変化量 $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ を求め、次の(A)から(C)のいずれかの ΔP_r を請求項1中の ΔP とする請求項1から3のいずれか一項に記載の坪量・水分量測定方法。

(A) $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ のいずれかからなる ΔP_r 。

(B) $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ の平均値からなる ΔP_r 。

(C) 前記方向(θ)を角度 θ とし $\Delta P_1 \sim \Delta P_n$ を r として、角度を θ 、原点からの距離を r とする極座標(r, θ)上にプロットし、楕円近似処理により楕円を描き、その楕円の面積と同面積の円の半径として求めた ΔP_r 。

[請求項5] マイクロ波共振器(100)と、

前記共振器(100)に電界ベクトルを発生させるマイクロ波用励

振装置（１０２）と、

前記共振器（１００）による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置（１０４）と、

前記検出装置（１０４）からサンプルを設置しない第１の状態での前記マイクロ波共振器（１００）の共振周波数 f_1 とその共振周波数 f_1 位置でのピークレベル P_1 と、サンプルを設置した第２の状態での前記マイクロ波共振器（１００）の共振周波数 f_2 とその共振周波数 f_2 位置でのピークレベル P_2 を取り込み、前記サンプルの絶乾坪量と水分量を算出するデータ処理装置（１０６）とを備えており、

前記データ処理装置（１０６）は、

前記検出装置（１０４）から取り込んだ前記共振周波数 f_1 , f_2 と前記ピークレベル P_1 , P_2 から共振周波数シフト量 Δf ($= f_1 - f_2$) とピークレベル変化量 ΔP ($= P_1 - P_2$) を算出する $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部（１０８）と、

複数の標準サンプルについて別途取得した水分量 W_T と該当する標準サンプルについて前記 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部（１０８）で算出された ΔP とから ΔP と水分量 W_T との関係を示す検量線を求め、複数の標準サンプルについて別途取得した絶乾坪量 B_D と W_T を Δf 、 W_T 及び B_D の関係を示す以下の式（２）

$$\Delta f = A \cdot B_D + B \cdot W_T \quad (2)$$

に当てはめて得られた Δf が、該当する標準サンプルについて前記 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部（１０８）で算出された Δf に最も近くなるような定数 A 、 B の組み合わせを求める定数／検量線決定部（１１２）と、

前記定数／検量線決定部（１１２）で決定された定数 A 、 B と検量線を保持する定数／検量線記憶部（１１４）と、

前記 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部（１０８）で算出された ΔP を前記定数／検量線記憶部（１１４）に保持されている検量線に当てはめて前記サンプルの水分量 W_T を求め、そのように求められた W_T 、前記 $\Delta f \cdot \Delta$

P算出部（108）で算出された Δf 及び前記定数／検量線記憶部（114）に保持されている定数A、Bを前記式（2）に当てはめて前記サンプルの絶乾坪量を求める絶乾坪量・水分量算出部（120）と、
を備えている坪量・水分量測定装置。

[請求項6] 前記定数／検量線決定部（112）は、前記検量線を以下の近似式

$$WT = a \cdot \Delta P^3 + b \cdot \Delta P^2 + c \cdot \Delta P \quad (1A)$$

に当てはめて定数a、b、cを決定するものであり、

前記定数／検量線記憶部（114）は前記検量線に相当するものとして前記定数／検量線決定部（112）が決定した前記定数a、b、cを記憶するものであり、

前記絶乾坪量・水分量算出部（120）は前記定数／検量線記憶部（114）に保持されている前記定数a、b、cを前記（1A）式に当てはめたものを検量線として用いて水分量WTを求めるものである請求項5に記載の坪量・水分量測定装置。

[請求項7] 前記データ処理装置（106）は、以下の式を用いて、風乾坪量と水分率を求める風乾坪量・水分率算出部（122）をさらに備えている請求項5又は6に記載の坪量・水分量測定装置。

$$\text{風乾坪量} = \text{絶乾坪量} BD + \text{水分量} WT$$

$$\text{水分率} = \text{水分量} WT \times 100 / \text{風乾坪量}$$

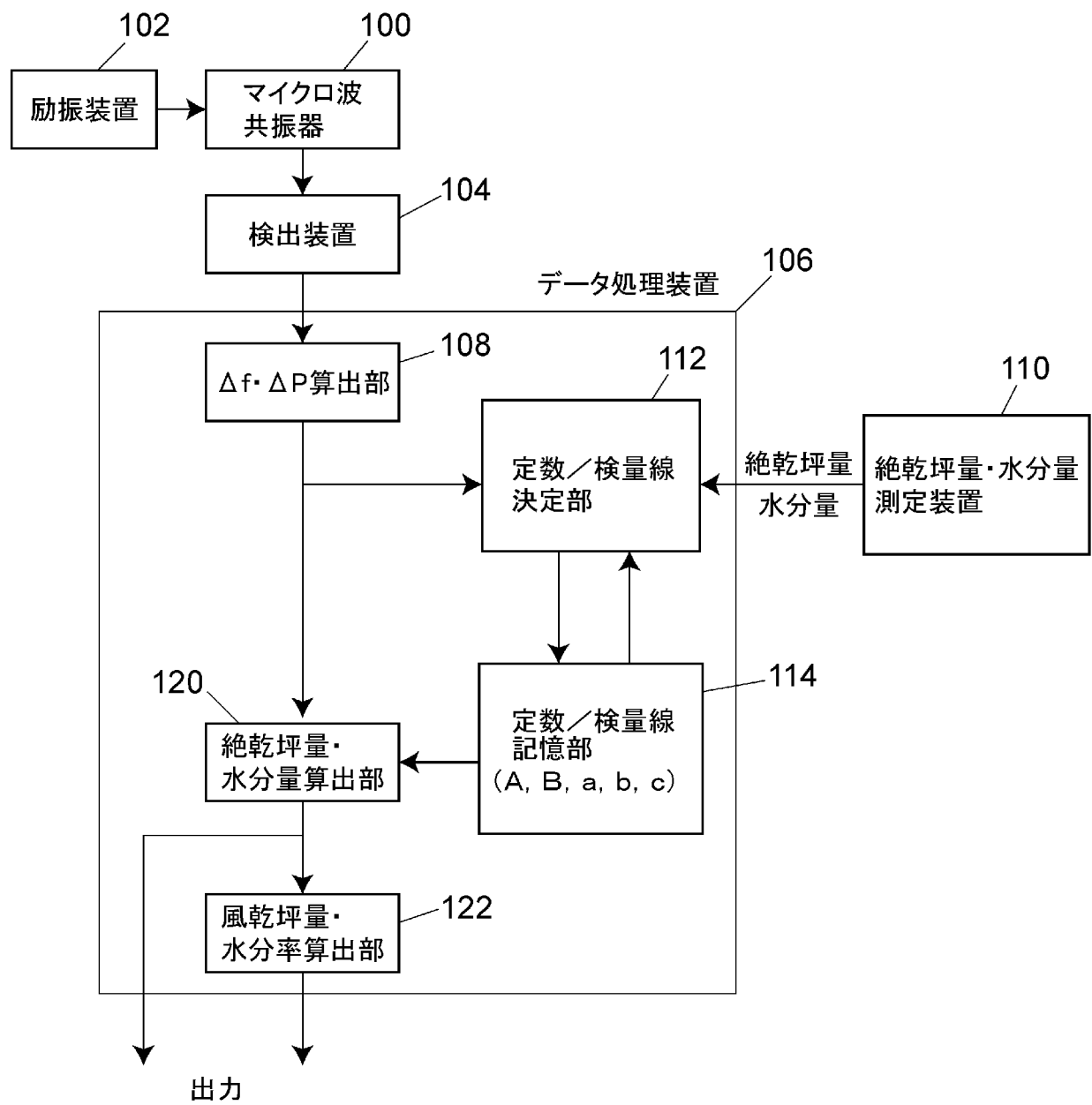
[請求項8] 前記マイクロ波共振器（100）はサンプルの一面側のみに配置される複数個の矩形誘電体共振器であって、それらの共振器の長辺方向がそれぞれ異なる方向（ θ ）を向くように同一平面上に配置されたものであり、

前記 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部（108）は請求項4に記載された Δf_r と ΔP_r を算出するものであり、

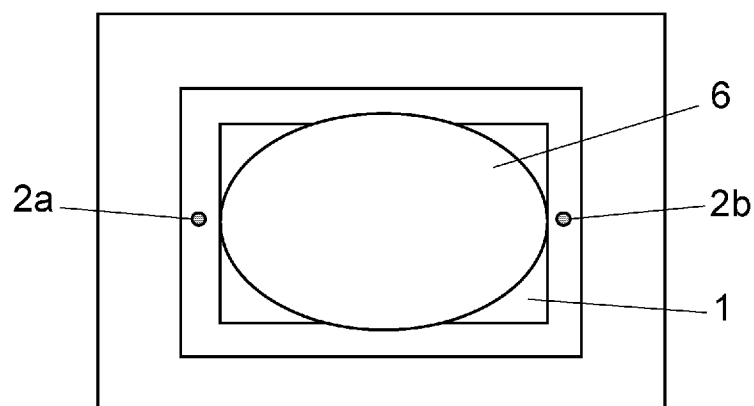
前記絶乾坪量・水分量算出部（120）は前記 $\Delta f \cdot \Delta P$ 算出部（108）により算出された Δf_r と ΔP_r を用いて演算を行うもので

ある請求項 5 から 7 のいずれか一項に記載の坪量・水分量測定装置。

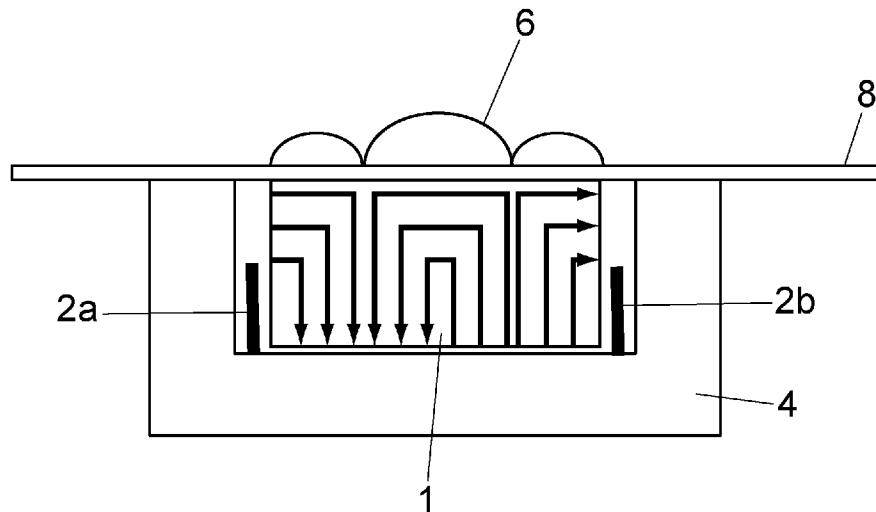
[図1]



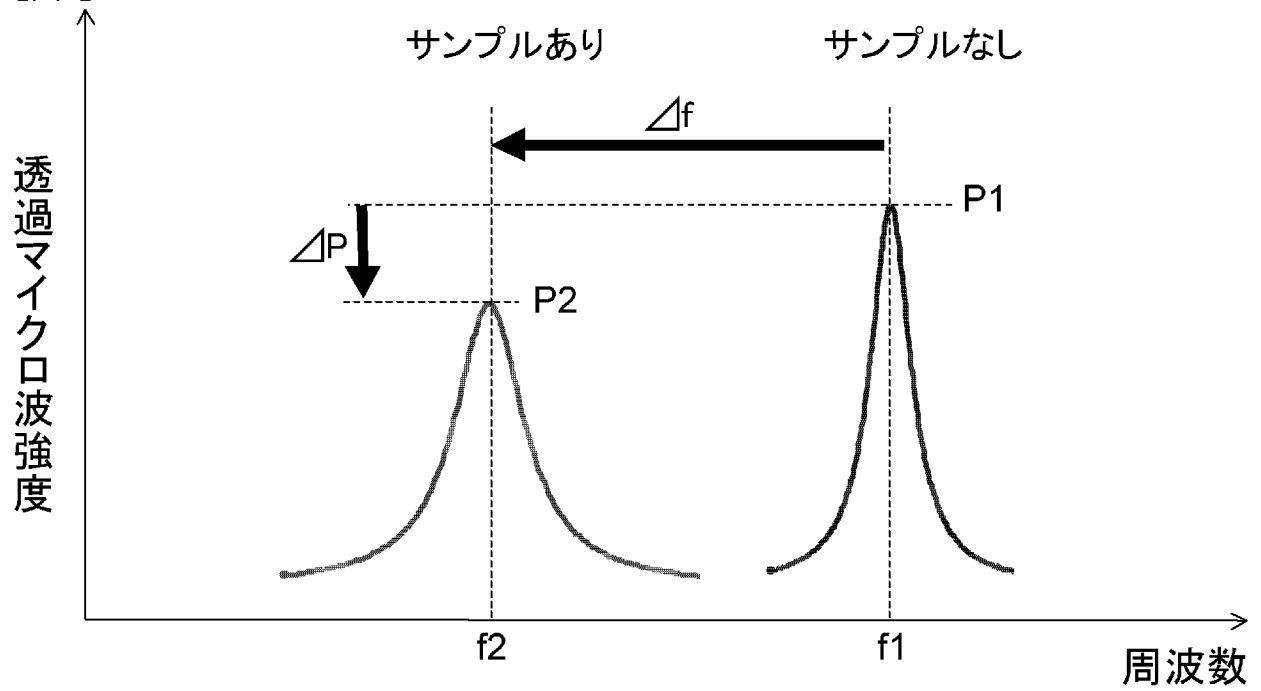
[図2A]



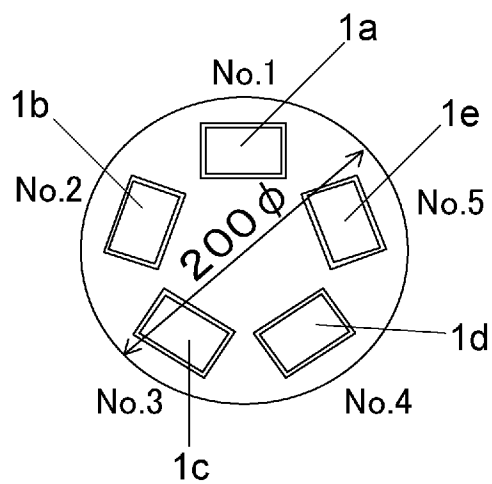
[図2B]



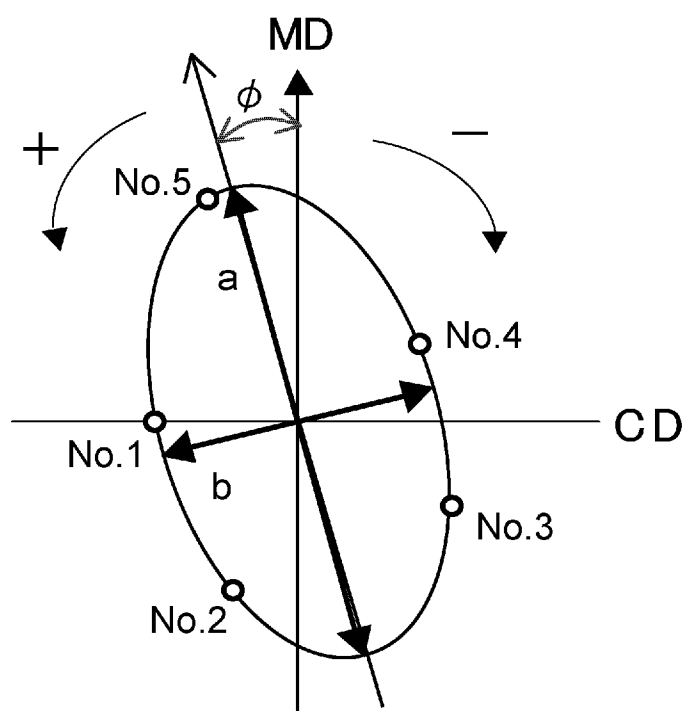
[図3]



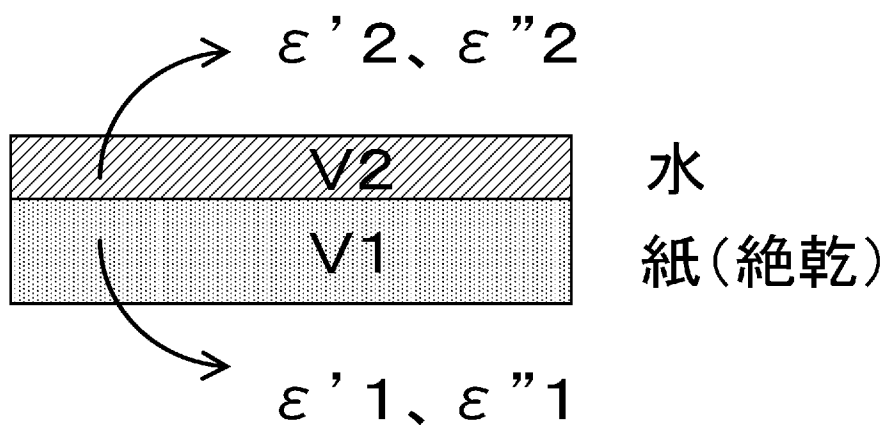
[図4]



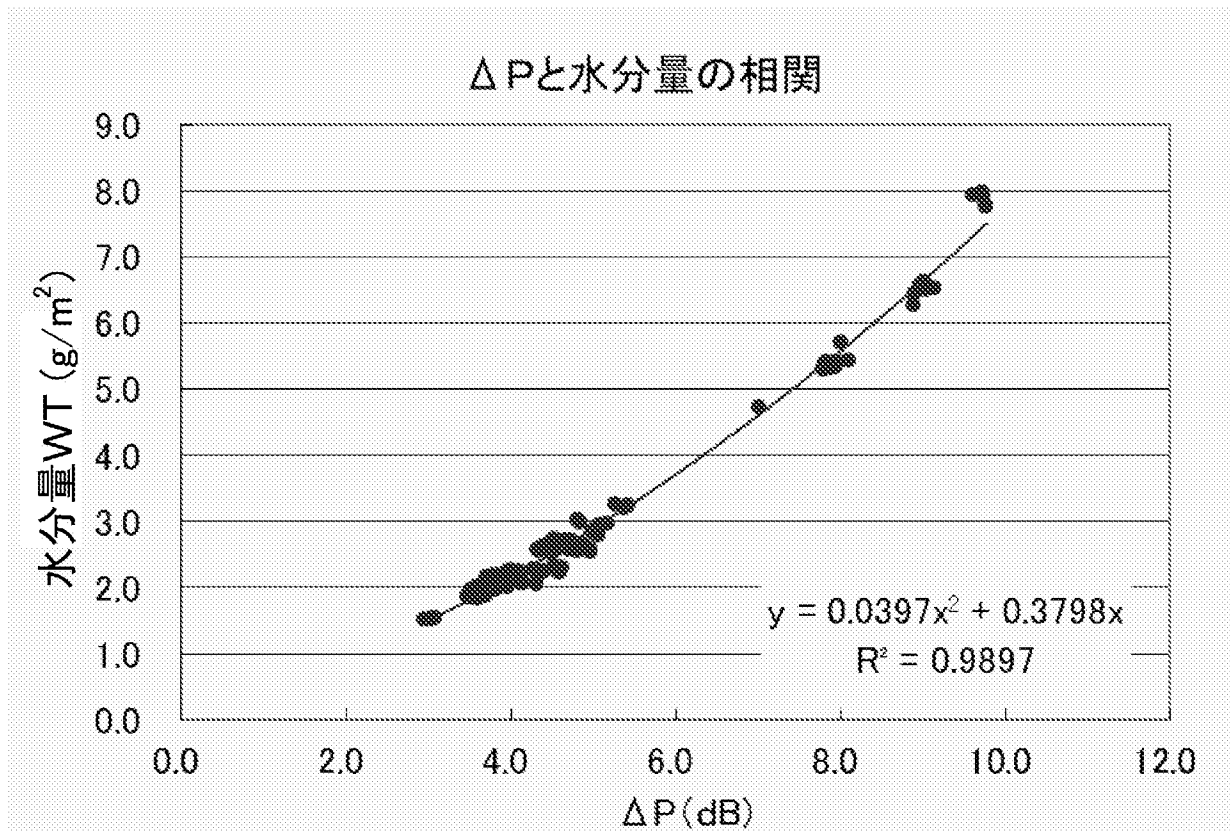
[図5]



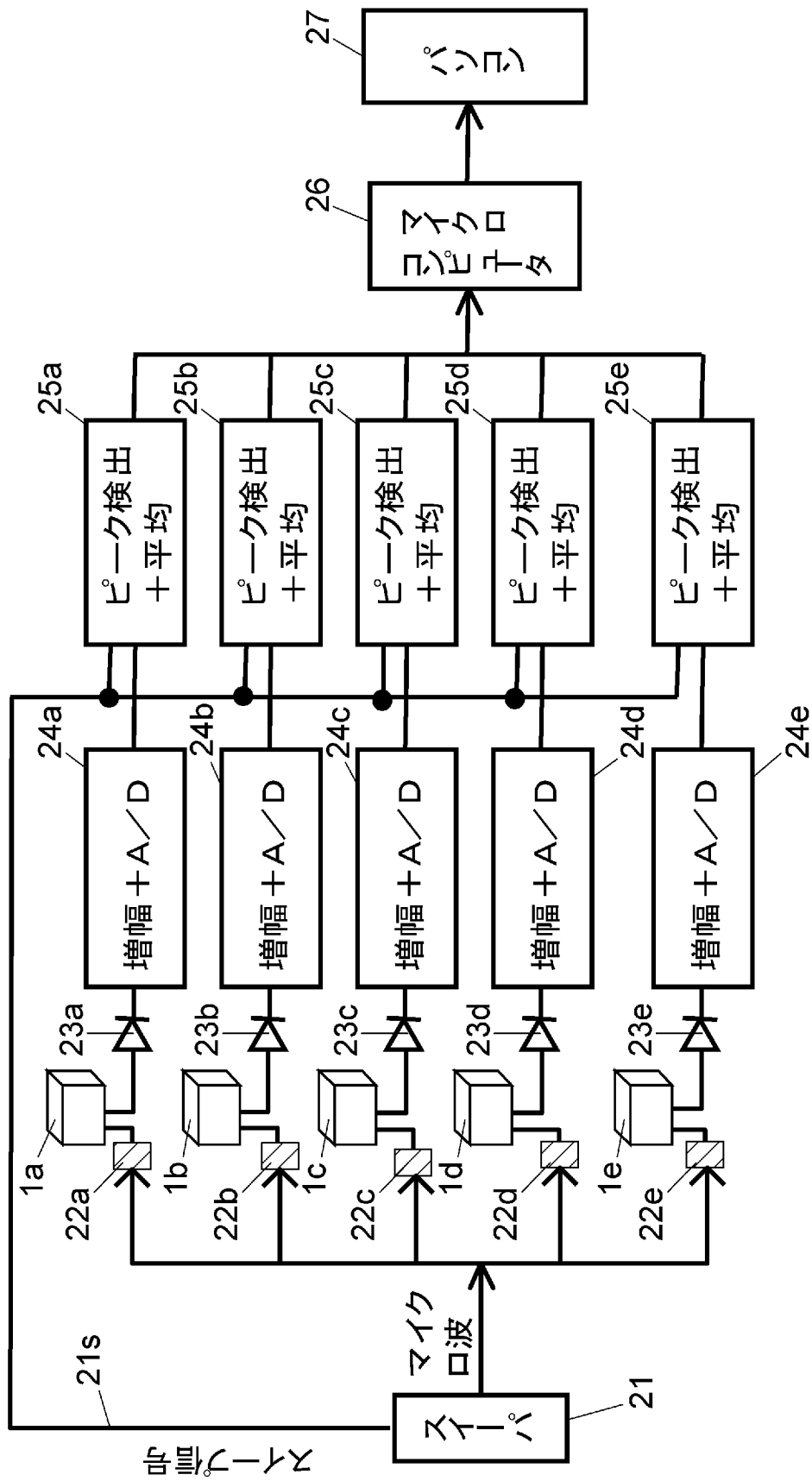
[図6]



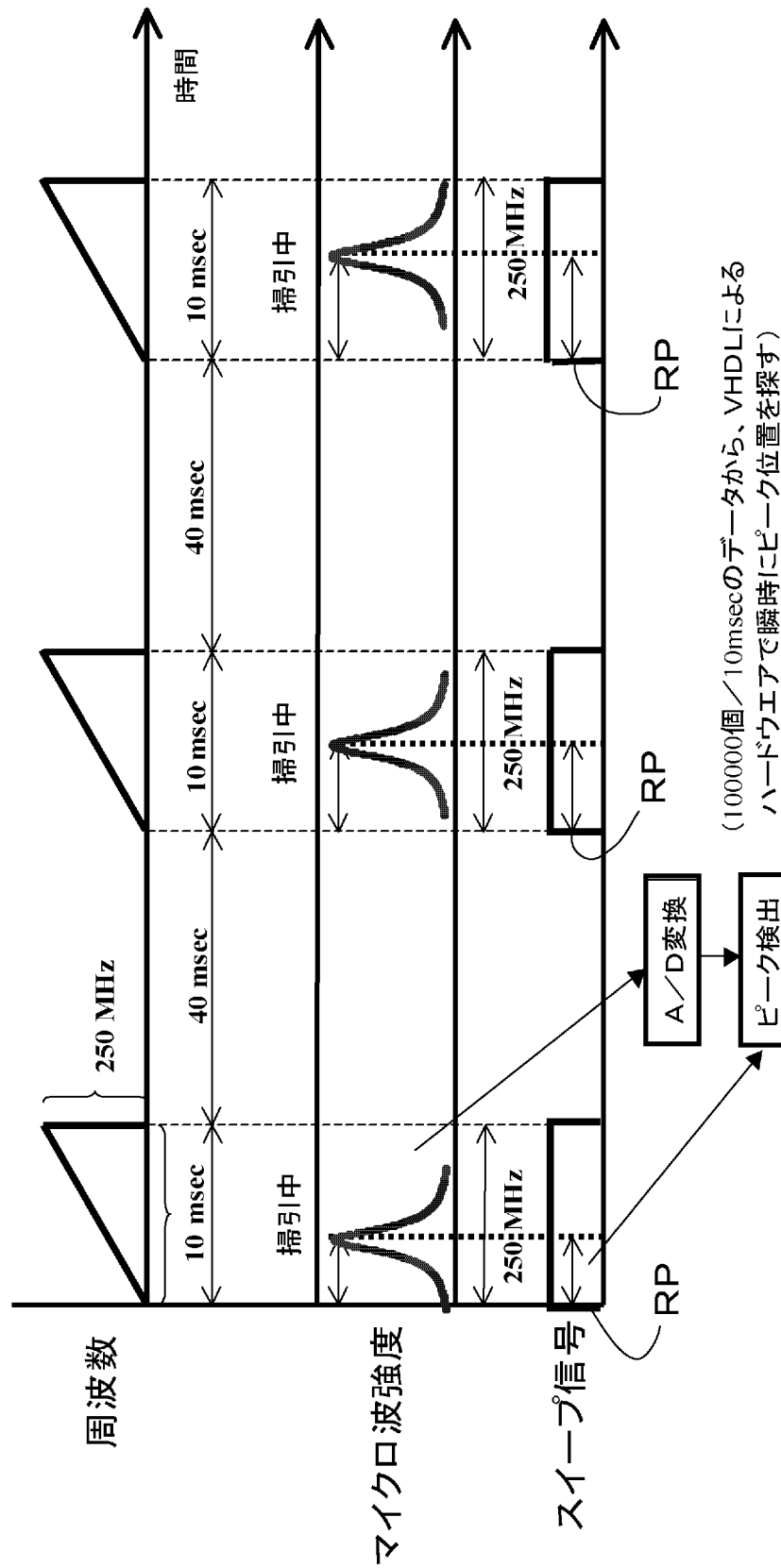
[図7]



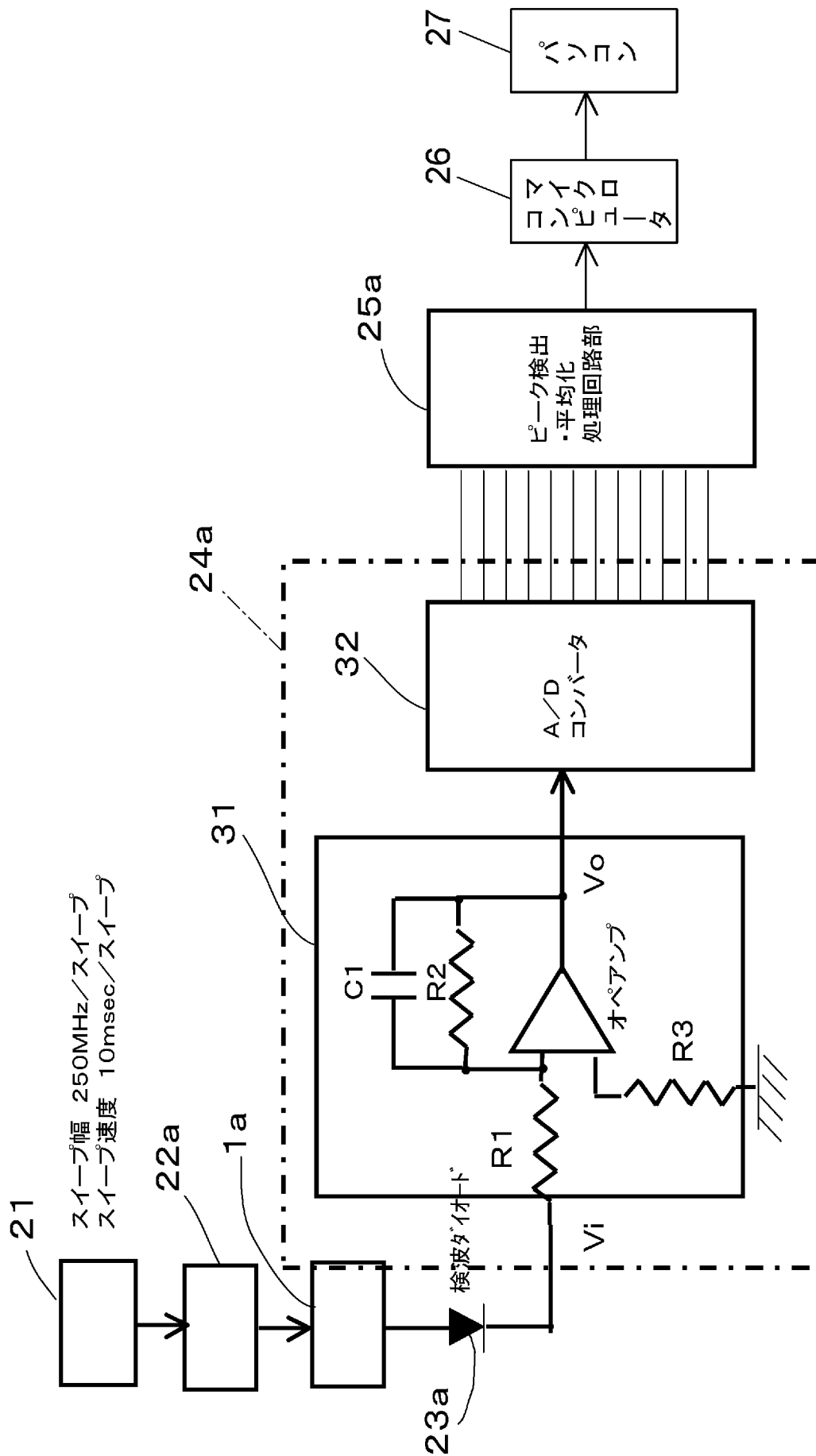
[図8]



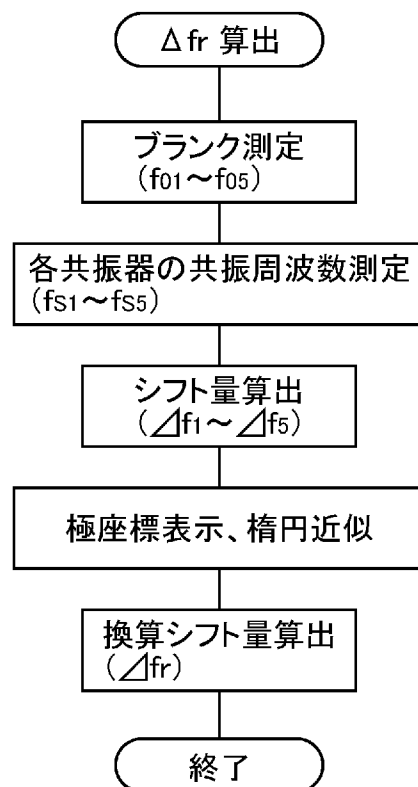
[図9]



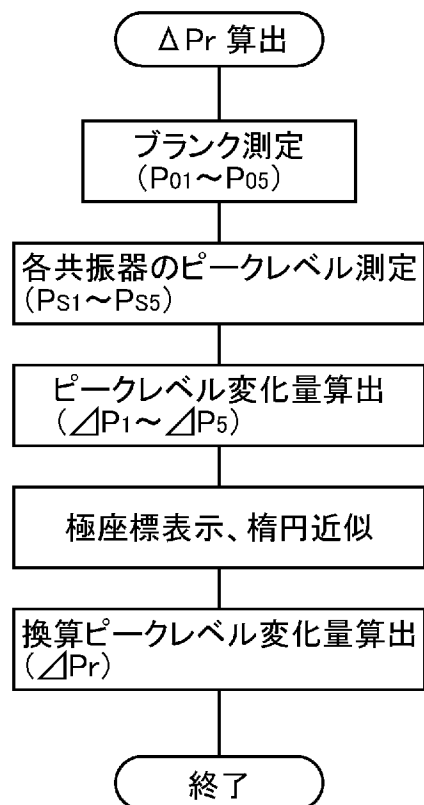
[図10]



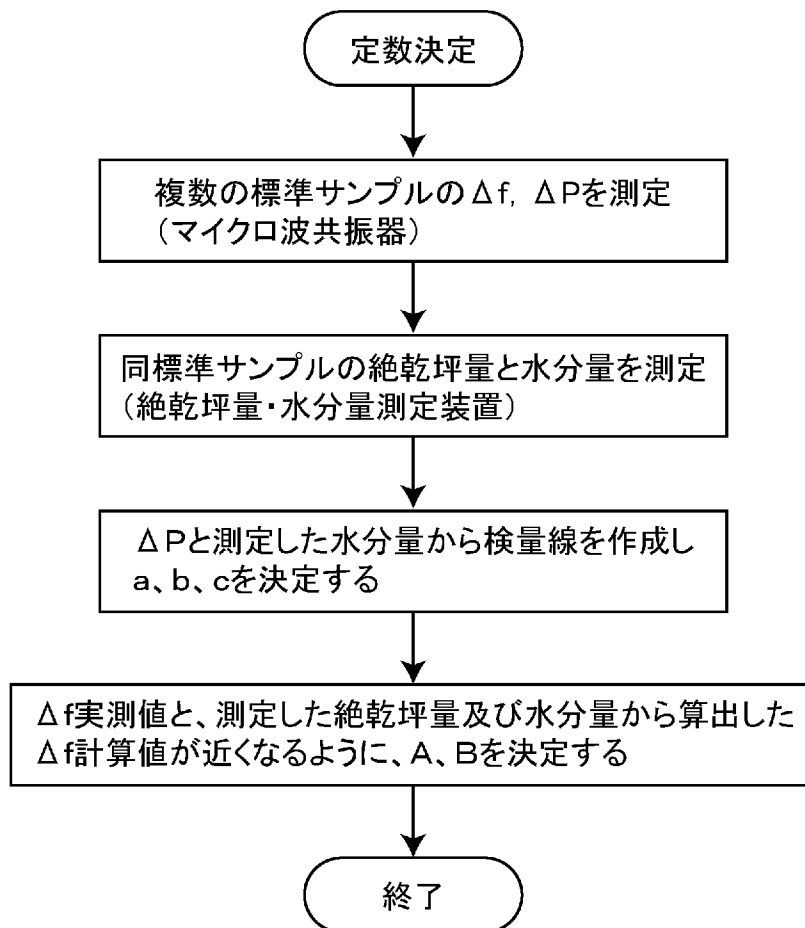
[図11]



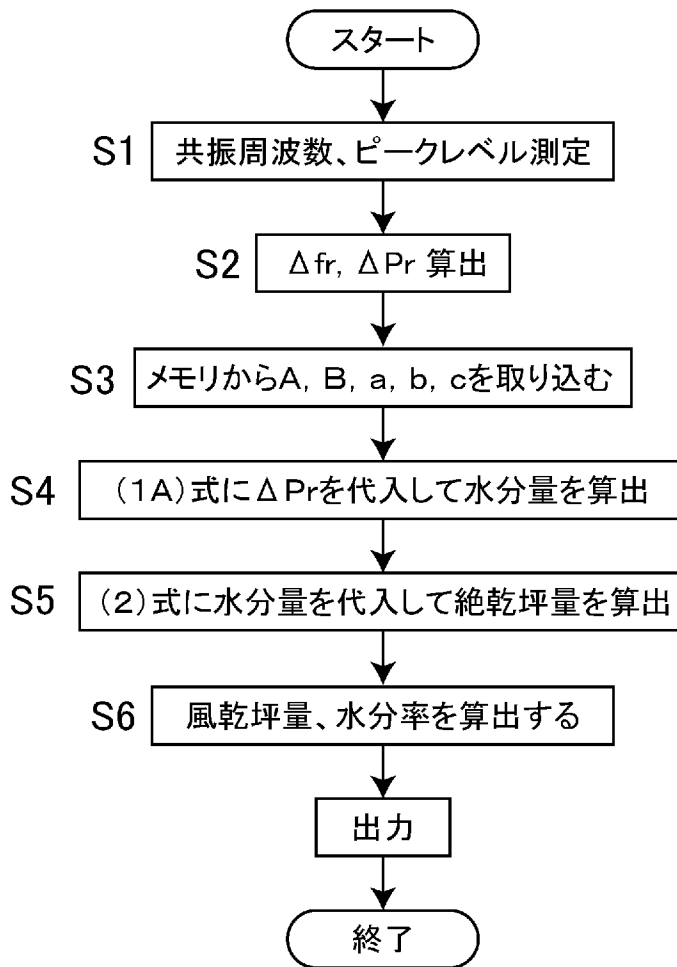
[図12]



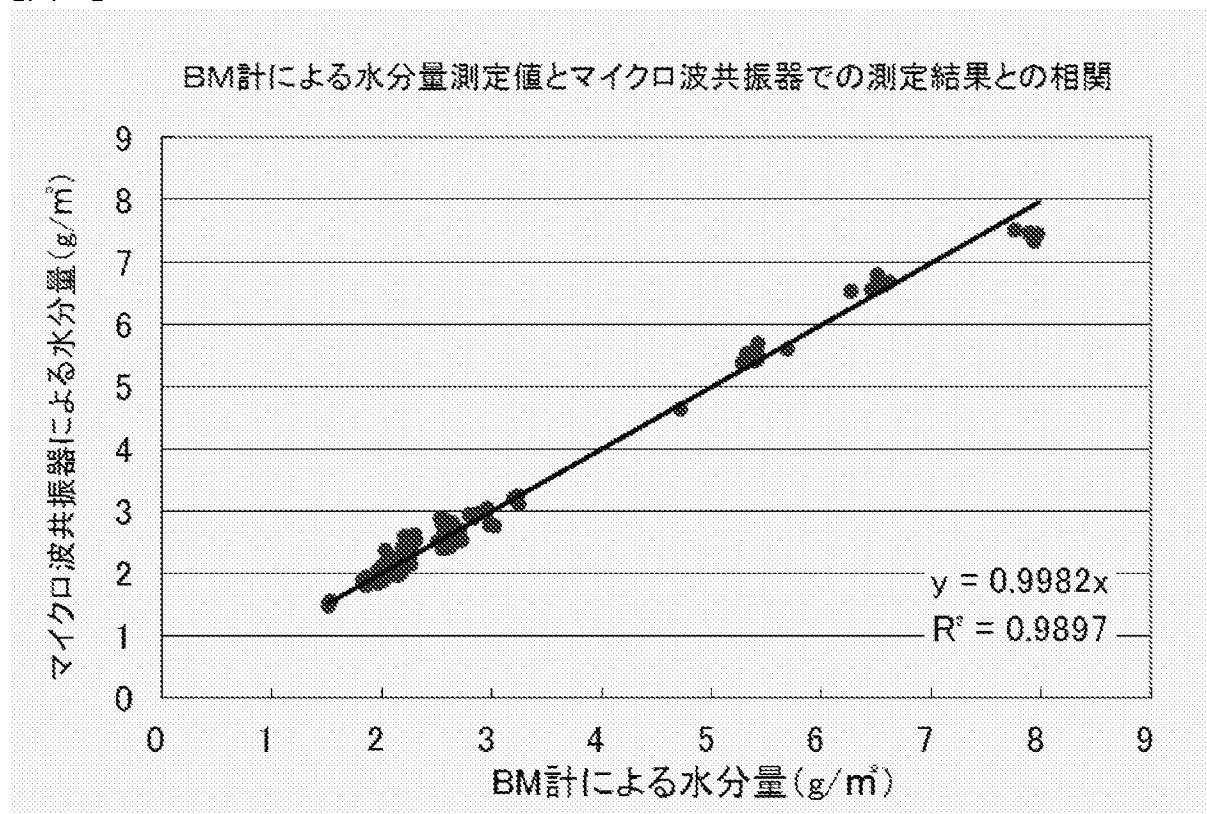
[図13]



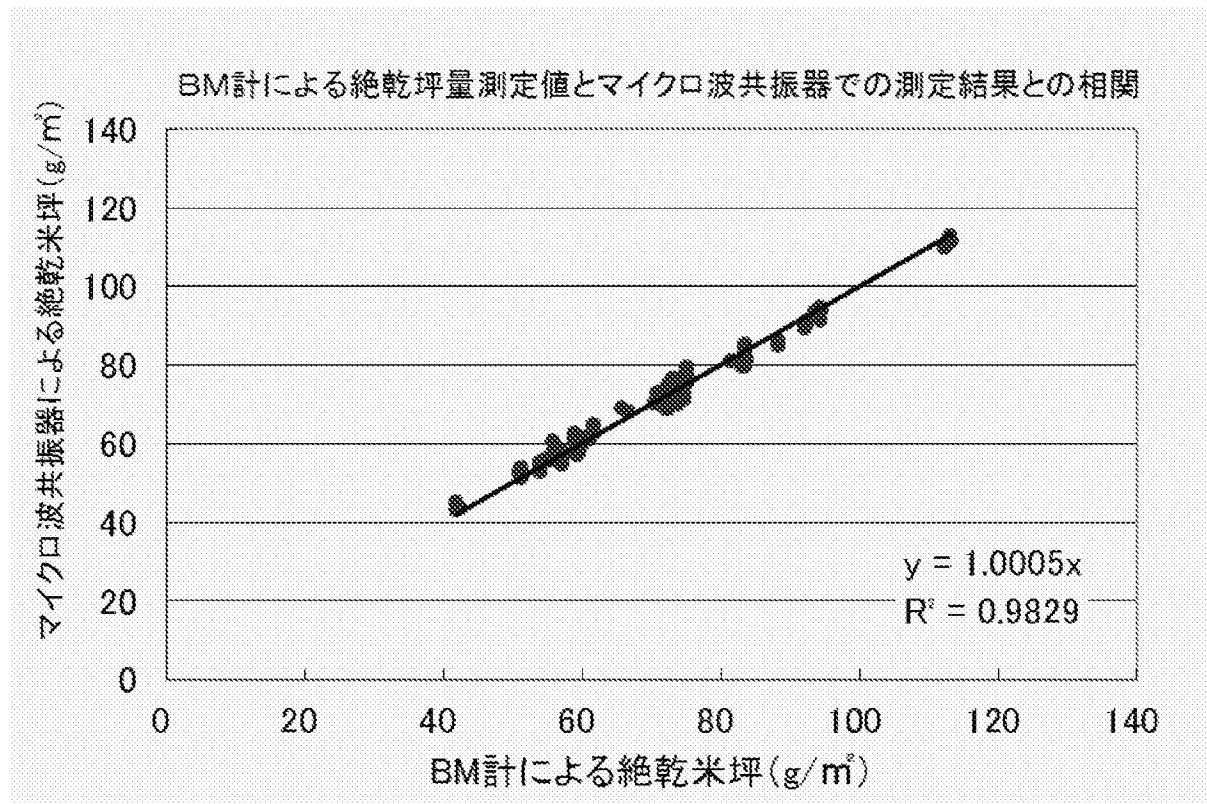
[図14]



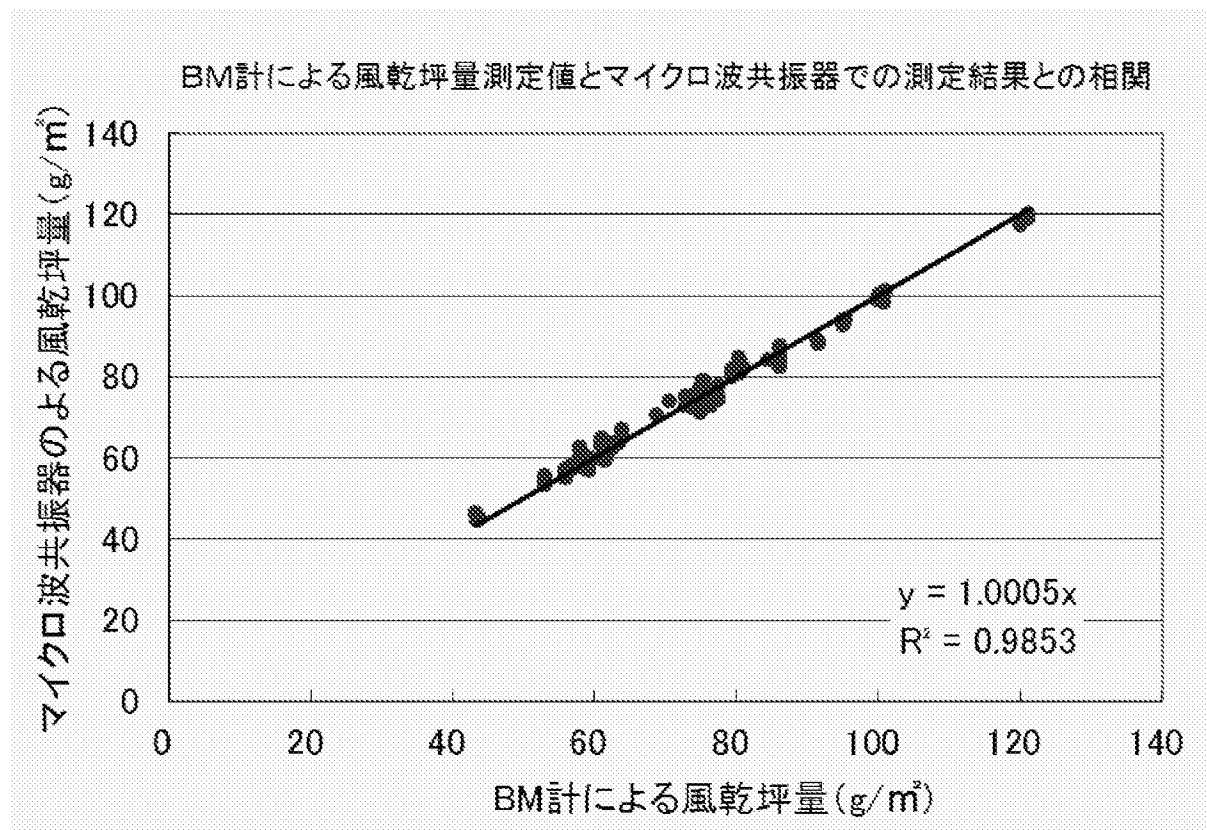
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/077541

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N22/04(2006.01) i, G01N22/00(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)

G01N22/00-22/04

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2011/092889 A1 (Oji Paper Co., Ltd.), 04 August 2011 (04.08.2011), claims 1 to 3 & US 2013/0025350 A1 & EP 2530458 A1 & CN 102782484 A	1-8
Y	JP 2010-101789 A (Oji Paper Co., Ltd.), 06 May 2010 (06.05.2010), claim 4 (Family: none)	1-8
A	JP 58-030534 B2 (Kabushiki Kaisha Nippon Tokushu Keisokuki Seisakusho), 29 June 1983 (29.06.1983), page 2, right column, lines 7 to 15 (Family: none)	1-8

☒ 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
05 January 2015 (05.01.15)

Date of mailing of the international search report
13 January 2015 (13.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/077541

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-349425 A (Oji Paper Co., Ltd.), 28 December 2006 (28.12.2006), entire text; all drawings & US 2006/0288782 A1 & EP 1734361 A1 & DE 602006000507 D & CN 1880947 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N22/04(2006.01)i, G01N22/00(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（I P C））

Int.Cl. G01N22/00-22/04

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

JSTPlus/JST7580(JDreamIII)

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	WO 2011/092889 A1（王子製紙株式会社）2011.08.04, 請求項1-3 & US 2013/0025350 A1 & EP 2530458 A1 & CN 102782484 A	1-8
Y	JP 2010-101789 A（王子製紙株式会社）2010.05.06, 請求項4 （ファミリーなし）	1-8
A	JP 58-030534 B2（株式会社日本特殊計測器製作所）1983.06.29, 第2頁右欄 第7行-第15行（ファミリーなし）	1-8

☒ 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 5 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 1 . 2 0 1 5

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）

田中 洋介

2W

3009

電話番号 03-3581-1101 内線 3250

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
A	JP 2006-349425 A (王子製紙株式会社) 2006. 12. 28, 全文、全図 & US 2006/0288782 A1 & EP 1734361 A1 & DE 602006000507 D & CN 1880947 A	1-8