

明 細 書

発明の名称：

匂い物質受容層、それを用いたセンサ素子、匂いセンサおよび匂い測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、匂い物質受容層、それを用いたセンサ素子、匂いセンサおよび匂い測定装置に関する。

背景技術

[0002] 近年の情報処理技術の発達により、人間の五感のうち機械的な測定が十分に達成できていない嗅覚を何らかの方法で数値化することができれば、医療分野、環境・安全分野、マーケティング分野等の幅広い産業分野で利用可能であることが期待される。これまでに、特定の気体物質（ガス）を検出する方法は半導体ガスセンサなどによって高精度・高感度の測定が実現されている。

[0003] 特許文献１に記載の発明は、半導体ガスセンサの半導体を導電性高分子に置き換えて導電性高分子表面への匂い成分の吸着を検出する仕組みを提案している。特許文献１では、熱分解しやすい匂い成分およびセンサの検出部表面で酸化還元反応を生じない物質の検出が可能になることを報告している。

[0004] また、特許文献２においては、有機ポリマーと導電性物質の混合物の電気抵抗が有機ガスに曝露されることで変化する性質に着目している。特許文献２では、上記混合物のうち有機ポリマーの組成が異なる有機ポリマー／導電性物質の組み合わせを複数調製し、これらを電気抵抗アレイとしてセンサに用いると、同一の有機ガスに曝露された際の電気抵抗変化がそれぞれ異なることが記載されている。これを利用して、電気抵抗変化のパターンと匂い（＝有機ガスの混合物）の種類を帰属することによって匂いを識別できることが特許文献２では報告されている。

[0005] さらに、特許文献３において、上記の有機ポリマーに対して可塑剤を添加

することでセンサの応答速度が向上することが報告されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開平 1 1－2 3 5 0 8 号公報
特許文献2：特表平 1 1－5 0 3 2 3 1 号公報
特許文献3：特表 2 0 0 2－5 1 9 6 3 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] しかしながら、特許文献 1～3 に記載のような従来技術には、匂いの識別性能の観点から改善の余地があった。
- [0008] 本発明の一態様は、難分散性フィラーを良好に分散し、かつ匂いの識別性能を向上させた匂い物質受容層、それを用いたセンサ素子、匂いセンサおよび匂い測定装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明の一態様は、ポリエステルアミド（A）およびフィラー（B）を含む、樹脂組成物を含む匂い物質受容層、それを備えたセンサ素子、匂いセンサおよび匂い測定装置である。

発明の効果

- [0010] 本発明の一態様によれば、難分散性フィラーを良好に分散し、かつ匂いの識別性能を向上させた匂い物質受容層、それを備えたセンサ素子、匂いセンサおよび匂い測定装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の一実施形態に係る匂いセンサの構成の一例を示す概略図である。
- [図2]センサ素子の構成の一例を示す上面図である。
- [図3]図 2 に示すセンサ素子の構成の一例を示す断面図である。
- [図4]本発明の一実施形態に係る匂い測定装置の構成の一例を示す概略図であ

る。

[図5]匂い測定装置の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図6]推定装置が推定モデルを生成する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図7]匂い測定装置の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図8]推定装置が匂い物質を推定する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図9]本発明のセンサ素子の構成の一例を示す上面図である。

[図10]本発明のセンサ素子の構成の一例を示す上面図である。

[図11]本発明のセンサ素子の構成の一例を示す斜視図である。

[図12]実施例において用いたセンサ用基板の製造方法を説明するための概略図である。

[図13]実施例において用いたセンサ用基板の製造方法を説明するための概略図である。

[図14]実施例において用いたセンサ用基板の表面の構成を示す概略図である。

[図15]実施例において用いたセンサ用基板の裏面の構成を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本発明の一実施形態について以下に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。また、本明細書において特記しない限り、数値範囲を表す「A～B」は、「A以上B以下」を意図する。

[0013] [1. 匂い物質受容層]

本発明者らは、上記の目的を達成するべく検討を行った結果、本発明に到達した。

[0014] 本発明の一実施形態に係る匂い物質受容層は、ポリエステルアミド（A）およびフィラー（B）を含む樹脂組成物を含む。この樹脂組成物をセンサ素子用基板上に塗布し、加熱乾燥させて乾固物としてから、匂い物質受容層と

して使用する。

[0015] <樹脂組成物>

本発明の一実施形態に係る樹脂組成物は、匂い物質受容層を形成するための樹脂組成物であって、ポリエステルアミド（A）およびフィラー（B）を含む。

[0016] 本明細書中、「匂い物質」とは、広義において匂い物質受容層に吸着可能な物質を意味する。従って、「匂い物質」には、一般的に匂いの原因物質とされていない物質も含まれる。「匂い」の原因となる匂い物質は、複数種類の物質が混合されていることが多く、匂い物質として認知されていない物質または未知の匂い物質が存在していることもある。本発明の一実施形態は、匂い物質受容層への匂い物質の吸着量が匂い物質の種類によって異なることに着目するものである。

[0017] なお、本明細書中、単に「匂い物質」と記載した場合であっても、個々の匂い物質ではなく、複数の匂い物質が含まれ得る「匂い物質の集合体」を意味する場合がある。

[0018] 「匂い物質」としては特に限定されないが、例えばヘキサン、酢酸エチル、メタノール、炭酸ジエチル、トルエン、d-リモネン、ボルナジオン、シス-3-ヘキセノール、 β -フェニルエチルアルコール、シトラール、 α -カルボン、 γ -ウンデカラクトン、オイゲノール、リナリルアセテート、メントール、ベンズアルデヒド、バニリン、ヘキサナール、エタノール、吉草酸ペンチル、リナロール、2-プロパノール等が挙げられる。

[0019] また、本明細書中、「匂い物質受容層」とは、識別対象となる匂い物質を吸着する層を意味する。匂い物質受容層は上述の樹脂組成物から形成される。匂い物質受容層は、後述のセンサ素子の一部として設けられ得る。

[0020] 引用文献1に記載のセンサでは、単体の化合物からなる匂いの検出は可能であると考えられる。一方で多くの匂いは複数の物質の混合物である。引用文献1に記載のセンサは、検出部に匂いの成分を識別させる機能がないため、混合物に対する匂い識別性能が十分でない。引用文献2では検出部に用い

る導電性を示す高分子の化学構造の違いを利用して、それぞれの導電性高分子を介して検出部が示す、種々の化合物に対する応答に違いを持たせることによって、混合物である匂いを認識させる技術が示されている。しかしながら、導電性を示す高分子の化学構造は限られているため、任意の匂い成分に対する検出部の応答を感度良く分離することが難しい。そのため、引用文献2に記載のセンサでは、類似の成分からなる匂い同士を識別させることは難しい。引用文献3では有機ポリマーと可塑剤と導電性物質からなる混合物を検出材料として検出部に用いて、匂い成分が有機ポリマー中に浸透することを、上記混合物の電気抵抗変化として検出する方法を提案している。異なる組成の有機ポリマーを用いる場合、浸透する匂い成分が異なることを利用して、異なる組成の有機ポリマーを含む上記の検出材料からなる検出部を複数並列して、アレイとして使用することによって、匂いセンサに混合物としての匂いを認識させることができる。しかしながら、上記の有機ポリマーおよび可塑剤を含有する有機ポリマーでは、有機ポリマーと導電性物質との組み合わせを複数用意したとしても、有機ポリマー同士の化学的な性質の差が小さいため、匂いセンサの匂いの識別性能は十分でない。これらの従来技術では例えば、複数の物質が相互作用する現実の匂いパターンまたは組成が不明である物質による現実の匂いパターンを的確に検知できない。

[0021] 本発明者らは、上述した樹脂組成物に吸着した匂い物質の量に応じて樹脂組成物の電気伝導性が異なること、および、上述の樹脂組成物への吸着過程は匂い物質毎に異なっていることに着目し、本発明の一実施形態に係る匂い物質受容層およびセンサ素子等を発明するに至った。そして、このような匂い物質受容層を用いることにより、匂いの識別性能を向上させることができる。例えば、複数の物質が相互作用する現実の匂いパターンまたは組成が不明である物質による現実の匂いパターンをも識別することができる。

[0022] <ポリエステルアミド(A)>

ポリエステルアミド(A)は、アミド結合とエステル結合とを含有するポリマーである。

- [0023] ポリエステルアミド (A) は、電気伝導性の測定の繰り返し性の観点から、好ましくはエステル単位および／またはアミド単位の構造単位を含む。
- [0024] ポリエステルアミド (A) の主鎖は、ポリアリルアミン、ポリエステルから選択される 1 種類以上であることが好ましく、より好ましくはポリアリルアミンである。また、ポリエステルアミド (A) の側鎖は、ポリエステル鎖、ポリエステルとポリアミドのブロックポリマー、エステルとアミノのランダムポリマーから選択される 1 種類以上であることが好ましく、より好ましくはポリエステル鎖、ポリエステルとポリアミドのブロックポリマーであり、さらに好ましくはポリエステル鎖である。特に好ましくは、ポリエステルアミド (A) の主鎖がポリアリルアミンであり、側鎖がポリエステル鎖である。
- [0025] ポリエステルアミド (A) の具体的な化合物としては、例えば特許第 3 7 1 8 9 1 5 号に記載されているポリアリルアミン誘導体 PA-1、PA-9、PA-10 等が挙げられる。これらのポリエステルアミド (A) は単独で用いても 2 種以上を併用してもよい。
- [0026] ポリエステルアミド (A) は例えば、カルボキシル基を有するポリエステルと、アミンまたはアミドとを反応させることにより調製できる。また、上記カルボキシル基を有するポリエステルは例えば、ヒドロキシカルボン酸、ラクトン、ヒドロキシカルボン酸とラクトンとの混合物、ジカルボン酸またはその無水物と、ジヒドロキシ化合物との混合物等を重合させることにより調製できる。これらの化合物を反応、または重合する方法は特に限定されず、公知の方法によって実施できる。
- [0027] ヒドロキシカルボン酸の例としては、乳酸、リシノール酸、リシノレン酸、9-ヒドロキシステアリン酸、10-ヒドロキシステアリン酸、12-ヒドロキシステアリン酸、ひまし油脂肪酸、水添ひまし油脂肪酸等が挙げられる。ラクトンの例としては、 β -プロピオラクトン、 γ -ブチロラクトン、 δ -バレロラクトン、 ϵ -カプロラクトン等が挙げられる。ジカルボン酸またはその無水物の例としては、無水物マレイン酸、フマル酸、コハク酸、グ

ルタル酸、アジピン酸、セバシン酸、無水フタル酸、テレフタル酸等が挙げられる。ジヒドロキシ化合物の例としては、エチレングリコール、プロピレングリコール、ジエチレングリコール、ジプロピレングリコール、トリエチレングリコール、ネオペンチルグリコール、テトラメチレングリコール、1, 6-ヘキサンジオール等が挙げられる。

[0028] カルボキシル基を有するポリエステルの数平均分子量は、好ましくは500~10000であり、さらに好ましくは1000~7000である。数平均分子量が上記範囲であるとフィラーの分散性が向上する。なお、数平均分子量は、実施例に記載の方法により測定される。

[0029] アミンとしては例えば、ポリアリルアミン、ポリビニルアミン、ポリエチレンポリイミン等のポリ（低級アルキレンアミン）等が挙げられる。アミドとしては例えば、ジカルボン酸とジアミンの重合体が挙げられる。ジカルボン酸としては例えば、マロン酸、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、ピメリン酸、スベリン酸、アゼライン酸、セバシン酸、ドデカン二酸、テトラデカン二酸、ヘキサデカン二酸、オクタデカン二酸、エイコサン二酸、ジグリコール酸等が挙げられる。ジアミンとしては例えば、ヘキサメチレンジアミン、2-メチルペンタメチレンジアミン、2-メチル-1, 8-オクタンジアミン等が挙げられる。

[0030] 数平均分子量が上記範囲であるとフィラーの分散性が向上する。なお、数平均分子量は、実施例に記載の方法により測定される。

[0031] ポリエステルアミド（A）を調製する方法としては例えば、カルボキシル基を有するポリエステルと、アミンまたはアミドとを、無触媒、酸触媒、金属触媒、またはアルカリ触媒の存在下において、アミド化反応またはエステル化反応をさせることによって得られる。酸触媒としては例えば、パラトルエンスルホン酸、メタンスルホン酸、硫酸、塩酸、リン酸等が使用できる。金属触媒としては例えば、ジブチルスズオキシド、酢酸亜鉛等が使用できる。アルカリ触媒としては、水酸化カリウム、水酸化ナトリウム、1, 8-ジアザビシクロ[5, 4, 0]ウンデセン（DBU）、ヘキサエチレンテト

ラミン等が使用できる。触媒の使用量は、全仕込み量を100重量%とした場合、好ましくは0.01～3重量%である。

[0032] ポリエステルアミド(A)の調製は、常圧、加圧下または減圧下で行うことができる。反応温度は例えば、70～250℃、反応時間は例えば、1～30時間である。ポリエステルアミド(A)の調製において、カルボキシル基を有するポリエステルとアミン又はアミドはそれぞれ2種類以上用いてもよい。また、調製後に吸着剤(例えば活性炭白土、シリカゲルなど)を用いて触媒等を吸着処理して、ポリエステルアミド(A)の精製を行ってもよい。この場合、吸着処理は例えば、70～130℃で0.5～2時間処理してもよい。吸着剤の量は、反応後の反応物を100重量%とした場合、例えば0.1～2重量%である。

[0033] ポリエステルアミドの酸価は、好ましくは0.3～50.0g KOH/gであり、より好ましくは10.0～40.0mg KOH/gであり、さらに好ましくは11.0～30.0mg KOH/g、特に好ましくは12.0～25.0mg KOH/gである。ポリエステルアミドの酸価が10.0mg KOH/gであれば、難分散性フィラーを分散させやすくなる。また、40.0mg KOH/gであれば、樹脂組成物が匂い物質受容層としての使用に適する。ポリエステルアミドの酸価は、実施例に記載の方法により測定することができる。

[0034] ポリエステルアミド(A)の数平均分子量(以下、Mnと記載)は、好ましくは600～50000であり、更に好ましくは1000～45000であり、特に好ましくは3000～40000であり、最も好ましくは4000～35000である。Mnが600以上であれば粘度が最適な範囲となるため、電気伝導性の測定において、繰り返し性が良好である。Mnが5000以下であれば電気伝導性の測定精度が良好である。ポリエステルアミドのMnは、実施例に記載の方法により測定することができる。

[0035] 本発明の一実施形態に係る樹脂組成物がポリエステルアミド(A)を含むことにより、匂い物質受容層の凝集性が向上する。これにより、匂い物質受

容層の基板への密着性が向上し、さらに匂い物質受容層の強度が向上してひび割れにくくなる。匂い物質受容層の密着性が向上すれば、匂い物質を吸着した場合の変化を正しく測定することができる。また、匂い物質受容層の強度が向上することにより、匂い物質の吸着量が変動しにくくなる。したがって、本発明の一実施形態に係る樹脂組成物は、匂いセンサとして使用した場合に高い精度を発揮することができる。

[0036] <フィラー (B)>

本発明の一実施形態に係る樹脂組成物は、フィラー (B) を含んでいる。上述の樹脂組成物は、ポリエステルアミド (A) 中にフィラー (B) が分散している状態である。フィラー (B) 同士が互いに接触して導電経路を形成することで樹脂組成物が導電性を有する。フィラー (B) としては例えば導電性炭素材料、顔料、シリカ、金属粉等が挙げられる。これらの中でも、樹脂組成物の電気伝導性を向上させる観点から導電性炭素材料が好ましい。

[0037] フィラー (B) の含有量は、ポリエステルアミド (A) およびフィラー (B) の合計 100 重量%に対し、匂い物質の受容感度の観点より、好ましくは 5～50 重量%であり、より好ましくは 10～48 重量%であり、さらに好ましくは 15～45 重量%であり、特に好ましくは 20～40 重量%である。

[0038] 本明細書において、導電性炭素材料とは、体積固有抵抗が $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の炭素材料のことである。上述の樹脂組成物は、ポリエステルアミド (A) 中にフィラー (B) である導電性炭素材料が分散している状態である。導電性炭素材料同士が互いに接触して導電経路を形成することで樹脂組成物が導電性を有する。導電性炭素材料としては、例えば、カーボンブラック、カーボンナノチューブおよびグラフェン等が挙げられる。

[0039] カーボンブラックの市販品としては、ケッチェンブラック EC (オランダ・アクゾ社製商品名)、ケッチェンブラック EC-300J (ライオンスペシャリティケミカルズ (株) 製商品名)、ケッチェンブラック EC-600JD (ライオンスペシャリティケミカルズ (株) 製商品名)、シースト G1

16、116（東海カーボン社製商品名）、ニテロン#10（新日鉄化学（株）社製商品名）、デンカブラック（電気化学工業（株）社製商品名）およびSUPER C-65（米国・MTI Corporation社製商品名）等がある。

[0040] カーボンナノチューブの市販品としては、VGCF-H（昭和電工（株）社製商品名）等がある。

[0041] グラフェンの市販品としては、シグマアルドリッチ社製がある。

[0042] 前記導電性炭素材料の形状は、好ましくは繊維状または粒子状である。一実施形態において、導電性炭素材料は球状であってもよい。

[0043] 前記導電性炭素材料が繊維状である場合、繊維径は好ましくは0.1～10 μ mであり、更に好ましくは0.1～5 μ mである。繊維長は好ましくは0.1～10 μ mであり、更に好ましくは1～10 μ mである。

[0044] 前記導電性炭素材料が粒子状である場合、1次粒子径が好ましくは10nm～200nmであり、更に好ましくは20nm～150nmである。

[0045] フィラー（B）としてカーボンブラックを使用する場合、カーボンブラックのDBP吸油量は、特に限定されないが、好ましくは130ml/100g以上、より好ましくは140ml/100g以上である。カーボンブラックのDBP吸油量の上限値は、例えば、800ml/100gとすることができ、好ましくは700ml/100g、さらに好ましくは600ml/100gである。カーボンブラックのDBP吸油量が前述の範囲内である場合、樹脂組成物の導電性をより一層高めることができる。

[0046] カーボンブラックのDBP吸油量は、JIS K 6217-4に準拠して最大トルクの70%でDBP滴下量を算出することにより得ることができる。DBP吸油量は、例えば、吸収量測定器（あさひ総研社製、品番「S-500」）を用いて測定することができる。

[0047] カーボンブラックは、そのpHについても特に制限はないが、5～10であることが好ましい。カーボンブラックのpHが5以上であれば、本発明の樹脂組成物は、優れた耐熱劣化性を示す。カーボンブラックのpHには特に

上限は存在しないが、コスト、入手可能性等を考慮すると、10以下が好ましい。

[0048] カーボンブラックのpHは、公知の方法により測定することができ、例えばカーボンブラックと、蒸留水の混合液をガラス電極pHメーターで測定するなどの方法を採用できる。

[0049] カーボンブラックの一次粒子径は、特に限定されないが、好ましくは23nm以上、好ましくは50nm以下である。カーボンブラックの一次粒子径が前述の範囲内にある場合、より一層低濃度のカーボンブラック含有量でより一層高い導電性を得ることができる。カーボンブラックの一次粒子径は、例えば、透過型電子顕微鏡により得られたカーボンブラックの画像データを用いて求めた平均一次粒子径である。透過型電子顕微鏡としては、例えば、日本電子社製、製品名「JEM-2200FS」を用いることができる。

[0050] <界面活性剤(C)>

本発明の一実施形態に係る匂い物質受容層は、必要に応じて界面活性剤(C)を含んでいても良い。

[0051] <樹脂組成物の製造方法>

本発明の一実施形態に係る樹脂組成物の製造方法の具体的な一例を示せば、下記の通りである。

[0052] 前記樹脂組成物は、ポリエステルアミド(A)およびフィラー(B)、必要に応じてさらに界面活性剤(C)および溶媒(D)を混合して、攪拌機で均一に混練することでスラリーとして得られる。これを2本一組の金属配線の間隙に塗工した後、加熱乾燥させて得られる乾固物が匂い物質受容層である。

[0053] 前記溶媒(D)としては、乾燥によって除去できる媒体であれば特に限定されないが、好ましくはN-メチルピロリドン、N,N-ジメチルホルムアミド、N,N-ジメチルアセトアミド、酢酸エチル、水、トルエン、イソプロピルアルコール、およびキシレン等が挙げられる。

[0054] [2. センサ素子31]

上述した樹脂組成物は、樹脂組成物に匂い物質 A が吸着した場合と、匂い物質 A とは異なる匂い物質 B が吸着した場合とで、電気伝導性の経時的な変化が異なる。この性質を利用すれば、匂い物質を検出・識別可能なセンサ素子 3 1 を実現することができる。

[0055] 以下では、本発明の一実施形態に係る樹脂組成物を適用したセンサ素子 3 1 の概要および効果について説明する。

[0056] センサ素子 3 1 は、上述の樹脂組成物を含む匂い物質受容層 3 1 5、第 1 金属配線 3 1 3 A、および第 2 金属配線 3 1 3 B を備えている。なお、以下では、第 1 金属配線 3 1 3 A および第 2 金属配線 3 1 3 B を区別しない場合、金属配線 3 1 3 と記す場合がある。

[0057] ここで、第 1 金属配線 3 1 3 A および第 2 金属配線 3 1 3 B について、図 2 および図 3 を用いて説明する。図 2 は、センサ素子 3 1 の構成の一例を示す上面図であり、図 3 は、図 2 に示すセンサ素子 3 1 の構成の一例を示す断面図である。

[0058] 第 1 金属配線 3 1 3 A および第 2 金属配線 3 1 3 B は、匂い物質受容層 3 1 5（すなわち、樹脂組成物）の電気伝導性の変化を計測するための電極として機能する金属配線である。すなわち、第 1 金属配線 3 1 3 A と第 2 金属配線 3 1 3 B とは互いに離間しており、匂い物質受容層 3 1 5 は、第 1 金属配線の少なくとも一部と第 2 金属配線の少なくとも一部とに接している。一例において、第 1 金属配線 3 1 3 A および第 2 金属配線 3 1 3 B は、互いに直接接していない金属配線であり、図 2 に示すように、互いに略平行な金属配線であってもよい。

[0059] 図 2 に示すように第 1 金属配線 3 1 3 A および第 2 金属配線 3 1 3 B を含む金属配線 3 1 3 は、基板 3 1 1 上に配置されていてもよい。基板 3 1 1 は、電子回路に一般的に用いられるガラスエポキシ等の基板であり得る。金属配線 3 1 3 は、銅、または金等の金属配線であり得る。基板の面に対して垂直な方向から見た第 1 金属配線 3 1 3 A および第 2 金属配線 3 1 3 B それぞれの太さは $10\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$ が好ましく、更に好ましくは $10\ \mu\text{m} \sim 1\ \text{mm}$

である。基板の面に対して平行な方向から見た第1金属配線313Aおよび第2金属配線313Bそれぞれの高さ、すなわち厚さは $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ である。第1金属配線313Aおよび第2金属配線313Bの間隔は $1\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ が好ましく、更に好ましくは $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ である。金属配線313の長さは $10\mu\text{m}\sim 50\text{mm}$ が好ましく、更に好ましくは $10\mu\text{m}\sim 30\text{mm}$ である。

[0060] 図3は、図2のA-A断面を示している。匂い物質受容層315は、第1金属配線313Aの少なくとも一部と第2金属配線313Bの少なくとも一部とに接していてもよい。匂い物質受容層315は、例えば、図2および図3に示すように、第1金属配線313Aと第2金属配線313Bとに挟まれた領域を埋めるように配されていてもよい。

[0061] 匂い物質受容層315の電気伝導性（すなわち、センサ素子31の電気伝導性）が低い場合、第1金属配線313Aと第2金属配線313Bとの間隔は所定の距離（例えば、 $500\mu\text{m}$ ）以下であることが望ましい。

[0062] センサ素子31は、匂い物質Aが吸着した場合と、匂い物質Aとは異なる匂い物質Bが吸着した場合とで、電気伝導性の経時的な変化が異なる樹脂組成物を適用することにより、さまざまな匂い物質を検出したり、識別したりすることが可能である。なお、後述する匂いセンサ30では、匂い物質を検出するための構成（金属配線313および匂い物質受容層315）が設けられた基板311を備えるセンサ素子31が複数配設されていてもよい。それぞれの基板311には、同じ組成の匂い物質受容層315を含む複数のセットが配設されていてもよい。複数のセンサ素子31が配設される場合、センサ素子31ごとに定電圧電源および電圧計を備える。匂いセンサ30において、各基板311上に匂い物質を検出するための構成（金属配線313および匂い物質受容層315）が1つ配設されていてもよい。あるいは、匂いセンサ30において、1つの基板311上に匂い物質を検出するための構成（金属配線313および匂い物質受容層315）のセットが複数配設されていてもよい。後者の場合、基板311上に設けられるセットの各々に定電圧電

源および電圧計が接続される。

[0063] 〔３．匂いセンサ３０〕

以下では、センサ素子３１を適用した匂いセンサ３０の概要および効果について、図４を用いて説明する。図４は、センサ素子３１を適用した匂いセンサ３０の構成の一例を示すブロック図である。

[0064] 匂いセンサ３０は、匂い物質を検出するセンサ素子３１、定電圧電源３２（電源）、および電圧計３３（測定機器）を備えている。

[0065] センサ素子３１の第１金属配線３１３Ａと第２金属配線３１３Ｂとはリード線Ｗで接続されている。図４には、リード線Ｗに定電圧電源３２および電圧計３３が配された例を示している。

[0066] 定電圧電源３２は、センサ素子３１に給電するための電源である。定電圧電源３２は、センサ素子３１にリード線を介して定電圧を供給する。定電圧電源３２が供給する電圧値は、０．５Ｖ～１０Ｖであり、例えば２．５Ｖまたは５．０Ｖである。

[0067] 電圧計３３は、定電圧電源３２から供給された定電圧を匂い物質受容層３１５に供給した場合に、第１金属配線３１３Ａと第２金属配線３１３Ｂとの間に生じる電位差を測定する。

[0068] なお、匂いセンサ３０は、匂い物質測定用の回路において、電圧計３３の前段にアンプ（不図示）を備えており、当該アンプは取得した信号を増幅し電圧計３３に供給する。

[0069] また、匂いセンサ３０は、匂い物質測定用の回路のほかにリファレンス回路を備えており、電圧計３３は匂い物質測定用の回路において取得された値とリファレンス回路において取得された値との差（電位差）を電圧値として取得する。

[0070] 匂いセンサ３０は、必須の構成ではないが、筐体３４をさらに備えていてもよい。筐体３４は、匂い物質を含む空気を内包可能な容器である。筐体３４を備えている場合、センサ素子３１は筐体３４内に設置される。

[0071] 筐体３４は、匂い物質を導入するための導入口３４１および匂い物質を含

む空気を排出するための排出口342を備えている。匂い物質の導入は、導入口341から匂い物質を浸漬したろ紙P等を筐体34内に挿入することによって行われてもよいし、匂い物質を含む空気を導入口341から筐体34内に挿入することによって行われてもよい。筐体34は、匂い物質を所定の濃度（例えば、200ppm）以上含む空気を内包するための容器である。

[0072] 筐体34の排出口342には、必須では無いが、気流生成用ファン35が配されていてもよい。気流生成用ファン35は、筐体34内に気流を生じさせたり、筐体34内の気体を排出口342から筐体34外へ排出させたりするためのものである。

[0073] なお、匂いセンサ30は、定電圧電源32の代替として不図示の定電流源（電源）、電圧計33の代替として不図示の電流計（測定機器）を備えていてもよい。この場合、定電流源は、センサ素子31に給電するための電源として機能し、センサ素子31にリード線を介して定電流を印加する。一方、電流計は、匂い物質受容層315に定電流が印加された場合に、第1金属配線313Aと第2金属配線313Bとの間を流れる電流値を測定する。第1金属配線313Aおよび第2金属配線313Bはいずれも電極として機能し得る。以下、金属配線313が電極として機能する場合には、「電極313」と記載する場合もある。

[0074] 匂いセンサ30は、センサ素子31に匂い物質が吸着する前後における、該センサ素子31の電気伝導性の経時的な変化を示す測定値を出力する。これにより、さまざまな匂い物質を検出したり、識別したりすることが可能である。

[0075] [4. 匂い測定装置100]

上述した匂いセンサ30は、センサ素子31にさまざまな匂い物質が吸着した場合、該センサ素子31の電気伝導性の経時的な変化を匂い物質毎に出力することができる。この匂いセンサ30を適用すれば、匂い物質Aがセンサ素子31に吸着した場合の該センサ素子31の電気伝導性の経時的な変化と、匂い物質Bがセンサ素子31に吸着した場合の該センサ素子31の電気

伝導性の経時的な変化と比較することができる。このような比較結果に基づいて、センサ素子 31 に吸着した匂い物質を推定可能な匂い測定装置 100 を実現することができる。

[0076] さらに、匂い測定装置 100 は、機械学習によって生成した推定モデル 22 を用いれば、高精度な匂い物質の推定を行うことができる。推定モデル 22 は、複数の匂い物質のそれぞれを少なくとも 1 つのセンサ素子 31 に吸着させた場合に測定される測定値と、該測定値を与えた匂い物質に固有の識別情報との組み合わせを含む学習用データを用いて生成され得る。

[0077] 以下では、匂いセンサ 30 を適用した匂い測定装置 100 の概要および効果について説明する。匂い測定装置 100 は、上述した樹脂組成物を適用したセンサ素子 31 に生じた電気伝導性の変化から、センサ素子 31 に吸着した匂い物質を推定する装置である。

[0078] 本実施形態の匂い測定装置 100 は、複数のセンサ素子 31 A（以下、「センサ素子群 31 A」とも称する）を備えるセンサチャンバ 60 と、匂い物質を含む対象試料が導入され、対象試料から発生した匂い物質を含む気体が内包される対象試料受入部 50 とを別々に備える。本実施形態では、センサ素子群 31 A に含まれる個々のセンサ素子 31 を単に「センサ素子 31」と記す。

本実施形態の匂い測定装置 100 は、対象試料受入部 50 の内部の、匂い物質を含む気体を別の気体（キャリアガス）を用いてセンサチャンバ 60 の方へ押し出す構成を採用している。本実施形態において、対象試料受入部 50 内に対象試料が導入された場合の該対象試料受入部 50 内の気体（すなわち、検出対象の匂い物質を含む気体）を第 1 気体と称す。一方、第 1 気体をセンサチャンバ 60 の方へ押し出すためのキャリアガスのことを第 2 気体と称す。

[0079] 図 1 は、匂い測定装置 100 の概略図である。図 1 に示すように、匂い測定装置 100 は、匂いセンサ 30、対象試料受入部 50、センサチャンバ 60、気体供給部 80、および推定装置 10 を備える。また、匂い測定装置 1

00は、調節部51をさらに備えてもよい。また、匂い測定装置100は、推定装置10aをさらに備えてもよい。

[0080] 図1は、一例として、気体供給部80から、対象試料受入部50、センサチャンバ60の順に気体の流れる例を示している。気体供給部80、対象試料受入部50、およびセンサチャンバ60は、それぞれ管体で接続されている。

[0081] [対象試料受入部50]

対象試料受入部50は、匂い物質を含む対象試料を内部に受け入れて第1気体を保持可能である。対象試料受入部50は、内部に進入する第2気体が通過する第1口501と、内部から出る第1気体および第2気体が通過可能な第2口502とを備えている。図1では、第1口501は、対象試料受入部50の紙面上部に設置され、第2口502は、対象試料受入部50の紙面下部に設置される態様を示すが、これに限定されない。例えば、第1口501および第2口502の位置は、第1気体に含まれる匂い成分の種類および組み合わせなどに応じて適宜設定し得る。例えば、第1気体に含まれる匂い成分の単位体積当たりの重量（すなわち、比重）が第2気体より重い場合と、軽い場合とで、第1口501の位置および第2口502の位置を変更してもよい。また、対象試料受入部50は、図4と同じく、気流生成用ファン35を内部に備えていてもよい。

[0082] 対象試料受入部50は、液体、固体、または気体の対象試料を受け入れるための試料導入口503を備える。対象試料受入部50は、対象試料を設置するための設置部（不図示）を備えていてもよい。対象試料が液体である場合、設置部は、液体を保持するためのコップであってもよいし、対象試料が固体である場合、設置部は、固体が静置されるシャーレであってもよい。対象試料受入部50には、対象試料が試料導入口503から第1気体として気体状態で導入されてもよい。このように、対象試料受入部50が、液体または固体の対象試料を受け入れ可能であることにより、第1気体中の匂い物質の濃度を調節することが可能である。例えば、第1気体と第2気体に含まれ

るのが同一の匂い物質であっても、第1気体中の匂い物質の濃度の高低を調節することが容易である。

[0083] 対象試料受入部50の内側面には、匂い物質に対して不活性な素材が配されていてよい。匂い物質に対して不活性な素材は、センサチャンバ60に送り出される気体に含まれる匂い物質の各々の濃度を大きく変化させない素材である。例えば、匂い物質に対して不活性な素材は、匂い物質が吸着したり、溶け込んだりしにくい素材である。匂い物質に対して不活性な素材としては、例えば、ガラス、金属、樹脂が挙げられる。金属を採用する場合、ステンレス鋼（SUS）が好ましく、樹脂を採用する場合、フッ素系樹脂、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、ABS樹脂、ポリエチレンテレフタレート（PET）が好ましい。

[0084] 対象試料受入部50の内側面が第1気体に含まれる匂い物質を吸着する素材である場合、各部に匂い物質が吸着して、後の測定に影響を及ぼす虞がある。

[0085] このように対象試料受入部50の内側面が匂い物質に対して不活性な素材であることにより、内側面の素材と、第1気体に含まれる匂い物質とが反応する、または内側面に匂い物質が吸着するなどの虞が低減される。従って、センサチャンバ60に供給された第1気体に含まれる匂い物質が、対象試料受入部50に内包されている間に变化する、または匂い物質の濃度が薄まるなどの虞が低減する。

[0086] 匂い測定装置100は、対象試料が液体または固体であっても、対象試料受入部50を備えることにより、第1気体をセンサチャンバ60に送り込む前に対象試料受入部50内で第1気体の濃度を均一にすることができる。また、匂い測定装置100は、対象試料受入部50を備えることにより、第1気体をセンサチャンバ60へ一定の流量で押し出すことができる。これにより、匂い測定装置100は、測定を繰り返し行う場合であっても、毎回同じ条件でセンサチャンバ60へ第1気体を送ることができるため、繰り返し安定した測定を行うことができる。

- [0087] 対象試料受入部50内の容積は、センサチャンバ60内の容積の1倍以上200倍以下であることが好ましい。特に、対象試料受入部50内の容積は、センサチャンバ60内の容積よりも大きいことが好ましい。対象試料受入部50内の容積は、センサチャンバ60内の容積の2倍以上がより好ましく、4倍以上であることがさらに好ましい。また、対象試料受入部50内の容積は、センサチャンバ60内の容積の100倍以下であることが好ましく、60倍以下であることがさらに好ましい。対象試料受入部50内の容積が、センサチャンバ60内の容積に対して1倍以上の大きさであることにより、センサチャンバ60における匂い物質の濃度が適切に調整され、センサチャンバ60が備えるセンサによる測定結果が安定して出力される。また、対象試料受入部50内の容積が、センサチャンバ60内の容積に対して200倍以下であることにより、対象試料受入部50内の温湿度調整がしやすくなるため、センサによる測定結果が安定して出力されると共に、匂い測定装置100のサイズをコンパクトに収めることができる。
- [0088] 対象試料受入部50内の容積が、センサチャンバ60内の容積の1倍未満である場合は、対象試料受入部50で発生した匂い物質がセンサチャンバ60内で希釈され、センサにおける測定感度が低下する虞がある。また、対象試料受入部50内の容積が、センサチャンバ60内の容積の200倍よりも大きい場合は、対象試料受入部50の容積が大き過ぎるため、第1気体の濃度、温度、湿度の均一性が低下し、測定を繰り返す行う場合に、同じ条件でセンサチャンバ60に第1気体を送ることができない虞がある。さらに匂い測定装置100全体のサイズが大きくなる虞がある。
- [0089] 図1では、一例として、対象試料受入部50内の容積が、センサチャンバ60内の容積の8倍の例を示している。
- [0090] 例えば、管体93の内側面が、第1気体に含まれる匂い物質を吸着する素材である場合、各部に匂い物質が吸着して、後の測定に影響を及ぼす虞がある。そこで、第1気体を対象試料受入部50からセンサチャンバ60へと導く管体93の内側面に、対象試料受入部50の内側面と同様に、匂い物質に

対して不活性な素材が配されることが好ましい。匂い物質に対して不活性な素材としては、例えば、ガラス、金属、樹脂が挙げられる。金属を採用する場合、ステンレス鋼（SUS）が好ましく、樹脂を採用する場合、フッ素系樹脂、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、ABS樹脂、ポリエチレンテレフタレート（PET）が好ましい。

[0091] 対象試料受入部50は、管体92および管体93から着脱可能な構成であってもよい。このように、対象試料受入部50が着脱可能であることにより、前の測定が終了し、次の測定を行う場合に、対象試料受入部50内をパージせずとも新しい対象試料受入部50を付け替えることができる。これによれば、匂い測定装置100は、複数の測定を短時間で行うことができる。

[0092] また、対象試料受入部50が着脱可能であることにより、匂い測定装置100とは別体の保温室を用いて、対象試料を導入した対象試料受入部50を所望の温度に保持することができる。これによれば、例えば、後述する調節部51を匂い測定装置100に設けることが出来ない場合であっても、匂い測定装置100は、対象試料受入部50の温度を調節することができる。

[0093] [調節部51]

調節部51は、対象試料受入部50内に内包されている第1気体の温度および湿度の少なくとも一方を調節する。調節部51が温度を調節する場合、調節部51は、例えば、ヒータまたは冷却器である。この場合、調節部51は、対象試料受入部50全体を覆うような構成であってもよい。また、調節部51が湿度を調節する場合、調節部51は、例えば、加湿器または除湿器である。調節部51は、第1気体の種類ごとに温度および湿度の少なくとも一方を調節してもよいし、同じ第1気体の測定中において所定時間毎に温度および湿度の少なくとも一方を変化させてもよい。

[0094] 調節部51が、対象試料受入部50内の第1気体の温度および湿度の少なくとも一方を調節することにより、匂い測定装置100は、例えば、第1気体の種類（気体の重さ、揮発性など）に応じた条件を用いてセンサチャンバ60へ第1気体を送ることができる。

また、これによれば、匂い測定装置１００は、安定した濃度の第１気体をセンサチャンバ６０へ送ることができ、測定の精度が向上する。

[0095] 〔センサチャンバ６０〕

センサチャンバ６０は、匂い物質を測定するためのセンサ素子３１を格納する空間である。センサチャンバ６０には、対象試料受入部５０の第２口５０２と接続されている。具体的には、センサチャンバ６０は、気体供給口６０１と、気体排出口６０２とを備え、対象試料受入部５０の第２口５０２と、気体供給口６０１とが接続されている。

[0096] センサチャンバ６０は、第１気体に含まれる匂い物質に応じた測定結果を出力可能なセンサ素子３１Ａを備える。センサ素子３１Ａは１つであっても、複数であってもよい。センサ素子３１Ａが複数の場合は、それぞれ異なる樹脂組成物を物質受容層として備えるセンサ素子３１であってよい。すなわち、複数のセンサ素子３１Ａは、それぞれのセンサ素子３１の匂い物質に対する感度および特異性が異なっていてよい。図１のセンサチャンバ６０は、一例として、センサ素子３１と、センサ素子３１ｂとを含むが、これに限定されない。また、図１のセンサチャンバ６０は、センサ素子３１、３１ｂとは異なる樹脂組成物を物質受容層として備えるセンサ素子３１ｃを備えている。センサ素子３１と、センサ素子３１ｂとは、第１気体に含まれる同じ匂い物質に応じた測定結果を出力可能であるが、それぞれが出力する測定結果は異なる。匂い物質に応じた測定結果は、例えば、匂い物質の濃度に応じた測定結果である。なお、以下の説明において特にセンサ素子３１、３１ｂ、３１ｃおよび後述するセンサ素子３１ｄを区別しない場合、「センサ素子３１」と総称する。

[0097] センサチャンバ６０には、それぞれ異なる樹脂組成物を物質受容層として備えるセンサ素子３１がどのような組み合わせで、どのような配置で設置されてもよい。また、センサチャンバ６０には、同じ樹脂組成物を物質受容層として備えるセンサ素子３１が複数設置されていてもよい。

[0098] ここで、センサ素子３１と、センサ素子３１ｂとは、それぞれが異なる匂

い物質に応じた測定結果を出力可能なセンサ素子であってもよい。例えば、センサチャンバ60には、第1気体に含まれる匂い物質に応じた測定結果を出力可能なセンサ素子31と、第1気体に含まれる匂い物質とは異なる第2匂い物質に応じた測定結果を出力可能なセンサ素子31bとが配置されていてもよい。例えば、匂いセンサ30は、匂い物質受容層315に用いた樹脂組成物が互いに異なるセンサ素子31、31bを備えていてもよい。

[0099] 匂い物質を吸着する特性が異なる樹脂組成物を匂い物質受容層315に用いたセンサ素子31を複数備えることにより、匂い測定装置100は、複数の匂い物質についての推定を同時に実行することができる。なお、本発明の一実施形態に係るセンサ素子31に加えて、匂い物質受容層315に界面活性剤(C)を含まないセンサ素子31を併用してもよい。

[0100] また、匂い測定装置100を用いれば、既知の匂い物質のそれぞれについて、センサ素子31の電気伝導性の変化を示す第1変化パターンと、センサ素子31bの電気伝導性の変化を示す第2変化パターンとを得ることが可能である。推定モデル22は、第1変化パターンおよび第2変化パターンの両方を用いた機械学習によって生成されてもよい。匂い測定装置100は、このように生成された推定モデル22を用いて匂い物質を推定するため、各匂い物質をより精密に識別することが可能である。

[0101] 図1のセンサチャンバ60は、一例として、4個×4列の配置で複数のセンサ素子31Aを備えている。センサ素子31Aの数、ならびにセンサ素子31Aの配列の仕方は限定されない。センサチャンバ60が備えるセンサ素子31Aの合計の数も特に限定されないが、例えば、2個、16個、64個であってよい。

[0102] センサチャンバ60の内側面の素材は、対象試料受入部50と同様に、匂い物質に対して不活性な素材であることが好ましい。匂い物質に対して不活性な素材としては、例えば、ガラス、金属、樹脂が挙げられる。金属を採用する場合、ステンレス鋼(SUS)が好ましく、樹脂を再送する場合、フッ素系樹脂、ポリプロピレン(PP)、ポリエチレン(PE)、ABS樹脂、

ポリエチレンテレフタレート（PET）が好ましい。センサチャンバ60の内側面の素材が、第1気体に含まれる匂い物質を吸着する素材の場合、センサチャンバに匂い物質が吸着することにより、後の測定におけるセンサ素子31からの出力の変化量が小さくなり、匂い測定装置100が正確な測定を行えない虞がある。

[0103] [センサ素子31A]

センサ素子31Aは薄膜を備えてもよい。一例として、図2および図3の匂い物質受容層315が薄膜である。

[0104] センサチャンバ60内に匂い物質を含む第1気体を送り込む態様として、例えば、センサチャンバ60の気体排出口602側に真空ポンプを設置し、真空ポンプを用いて気体を引くことにより、センサチャンバ60の気体供給口601側から匂い物質をセンサチャンバ60へ送り込む態様が考えられる。しかし、センサ素子31、31bが薄膜を備える場合、センサチャンバ60内が陰圧であると、薄膜が膨張して、センサ素子31、31bが安定した測定結果を出力できない虞がある。本実施形態に係る匂い測定装置100であれば、センサチャンバ60および対象試料受入部50の第1口501側から気体供給部80が気体を押すことによりセンサチャンバ60に第1気体を送り込むため、センサチャンバ60内の圧力は陽圧である。このため、匂い測定装置100は、複数のセンサ素子31Aが薄膜を備えていても安定した測定結果を得ることができる。

[0105] [気体供給部80]

気体供給部80は、対象試料受入部50の第1口501と接続されており、対象試料受入部50の内部へ第2気体を送ることによって、第1気体を対象試料受入部50内からセンサチャンバ60の方へ送り出す。

[0106] 気体供給部80と、対象試料受入部50の間にはバルブ81を備えていてもよい。バルブ81の開閉によって、気体供給部80からのガス供給の開始および停止を調節してもよい。

[0107] このように、対象試料受入部50の第1口501側から気体供給部80が

気体を押すことによりセンサチャンバ60に第1気体を送り込むため、センサチャンバ60内の圧力は陽圧である。このため、匂い測定装置100は、安定した測定結果を得ることができる。また、バルブ81の開閉によって、第2気体を送ることができるため、匂い測定装置100は、任意のタイミングで第1気体を対象試料受入部50内からセンサチャンバ60の方へ送り出すことができる。これによれば、匂い測定装置100は、センサ素子群31Aを用いて第1気体に含まれる匂い物質を繰り返し測定する場合、各センサ素子31が出力する波形の形の再現性を向上させることができる。

[0108] 第2気体は、不活性ガスまたは空気であってよい。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などが挙げられる。第2気体が不活性ガスである場合、気体供給部80はガスボンベであってよい。

[0109] また、第2気体が空気である場合、気体供給部80はポンプであってよい。この場合、対象試料受入部50に内包される第1気体と反応する成分を除去するために、匂い測定装置100は、対象試料受入部50の第1口501側に、一例として、活性炭フィルタを備えていてもよい。

[0110] 匂い測定装置100は、対象試料受入部50の第1口501側、さらに具体的にはバルブ81と、気体供給部80との間にマスフローコントローラをさらに備えてもよい。この構成を採用した匂い測定装置100は、対象試料受入部50からセンサチャンバ60へ一定の流量で第1気体を送ることができ、複数のセンサ素子31Aが安定して出力を行うことができる。

[0111] なお、図1では、対象試料受入部50の内部から出た第1気体および第2気体が管体93およびセンサチャンバ60を通る構成を示したが、この構成に限定されない。匂い測定装置100の対象試料受入部50は、センサチャンバ60に対して大きい容積を持つため、測定時に対象試料受入部50の内部の第1気体の全量をセンサチャンバ60に送り出す必要はない。また、測定後に、対象試料受入部50の内部を、第2気体を用いてパージする場合、対象試料受入部50とセンサチャンバ60とが接続されている必要はない。そこで、匂い測定装置100は、管体93にバルブ（不図示）を配置して、

対象試料受入部 50 の内部から出た第 1 気体および第 2 気体がセンサチャンバ 60 を通さずに排気可能な構成であってもよい。

[0112] まず、本発明の一実施形態に係る匂い測定装置 100 の構成について、図 1 を用いて説明する。図 1 は、匂い測定装置 100 の構成の一例を示すブロック図である。

[0113] 図 1 に示すように、匂い測定装置 100 は、推定装置 10、および匂いセンサ 30 を備えている。

[0114] [推定装置 10]

推定装置 10 は、匂いセンサ 30 によって検出された匂い物質を推定する装置である。推定装置 10 は、例えばコンピュータであり、不図示の CPU およびメモリを備えている。推定装置 10 は、匂いセンサ 30 と通信可能に接続されている。具体的には、推定装置 10 は、匂いセンサ 30 から取得した計測値を解析することによって、匂い物質の推定を実行する。センサチャンバ 60 が、センサ素子 31、センサ素子 31b とは異なる樹脂組成物を物質受容層 315 に用いたセンサ素子 31c をさらに備える場合、推定装置 10 は、センサ素子 31c に定電圧を供給して電圧計によって測定される測定値をさらに取得し解析してもよい。また、推定装置 10 は、測定値そのもの、測定値をプロットした波形、および推定モデルに基づいた未知の匂い物質の推定結果を表示してもよい。また、推定装置 10 は、複数の匂い物質を含む気体に対して、それぞれの匂い物質の存在割合の変化を示す数値、およびグラフなどを表示してもよい。また、推定装置 10 は、匂い物質を推定するために用いる推定モデル 22 を生成してもよい。

[0115] <推定モデル 22 の生成>

次に、匂い物質を推定するために用いる推定モデル 22 を生成する処理を行う匂い測定装置 100 の構成、および、推定モデル 22 を生成する処理について、図 5 および図 6 を用いて説明する。

[0116] 推定モデル 22 は、複数の匂い物質のそれぞれを少なくとも 1 つのセンサ素子に吸着させた場合に電圧計 33 によって測定される測定値と、該測定値

を与えた匂い物質に固有の識別情報との組み合わせを含む学習用データを用いた機械学習によって生成される。ここで、匂い物質に固有の識別情報とは、例えば、匂い物質の名称、C A S 番号、および化学式等であってもよい。

[0117] (推定装置 10 の構成 (推定モデル 22 の生成))

図 5 は、匂い測定装置 100 の構成の一例を示す機能ブロック図である。なお、説明の便宜上、図 1 にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

[0118] 図 5 に示すように、推定装置 10 は、入力部 15、制御部 1、記憶部 2 を備えている。

[0119] 入力部 15 は、ユーザからの各種入力操作を受付けるためのものであり、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル等であってもよい。

[0120] 制御部 1 は、測定値取得部 11 (取得部)、変化パターン解析部 12 (解析部)、学習制御部 13、および推定モデル生成部 14 を備えている。

[0121] 測定値取得部 11 は、電圧計 33 から測定値を取得する。また測定値取得部 11 は、取得した測定値を用いて、センサ素子 31 の電気伝導性を示す値 (例えば、抵抗値、およびインピーダンスなど) を算出する。測定値取得部 11 は、電圧計 33 から所定の時間間隔 (例えば 0.1 秒間隔) で測定値を取得してもよい。

[0122] 変化パターン解析部 12 は、少なくとも 1 つのセンサ素子 31 の電気伝導性の経時的な変化を解析する。変化パターン解析部 12 は、測定値取得部 11 によって算出された抵抗値を用いて、匂い物質が吸着したことによるセンサ素子 31 の電気伝導性の変化量を示す値を算出する。変化パターン解析部 12 は、算出した電気伝導性の変化量の時間変化を示す変化パターンを示すデータを生成する。変化パターン解析部 12 は、生成した変化パターンが既知の匂い物質である場合、生成した変化パターンを該既知の匂い物質に固有の識別情報と対応付けて、変化パターンデータベース 21 (学習用データ) に格納してもよい。

[0123] 学習制御部 13 は、記憶部 2 から変化パターンデータベース 21 を読み出

して、機械学習による推定モデル 2 2 の生成を制御する。ここで、変化パターンデータベース 2 1 は、複数の匂い物質をセンサ素子 3 1 に吸着させた場合に測定される測定値と、該測定値を与えた既知の匂い物質に固有の識別情報との組み合わせを含むデータベースである。学習制御部 1 3 は、変化パターンデータベース 2 1 から読み出した変化パターンを推定モデル生成部 1 4 に入力する。また、学習制御部 1 3 は、推定モデル生成部 1 4 に入力した変化パターンに対応する匂い物質の識別情報と、推定モデル生成部 1 4 から出力される推定結果とを比較し、比較結果に応じた補正指示を推定モデル生成部 1 4 に出力する。

[0124] 推定モデル生成部 1 4 は、変化パターンデータベース 2 1 に格納されている変化パターンを用いた機械学習アルゴリズムによって、推定モデル 2 2 を生成する。推定モデル生成部 1 4 は、公知の教師有り機械学習アルゴリズムを用いて推定モデル 2 2 を生成する構成であってもよい。推定モデル生成部 1 4 に適用可能な機械学習アルゴリズムとしては、例えば、k 近似法 (k-nearest neighbor method)、ロジスティック回帰、サポートベクトルマシン、ランダムフォレスト、およびニューラルネットワーク等が挙げられる。機械学習アルゴリズムの詳細については後述する。

[0125] (推定モデル 2 2 を生成する処理)

以下、制御部 1 の各部が行う具体的な処理については、図 6 を用いて説明する。図 6 は、匂い測定装置 1 0 0 の推定装置 1 0 が推定モデル 2 2 を生成する処理の流れの一例を示すフローチャートである。推定モデル 2 2 は、複数の匂い物質のそれぞれを少なくとも 1 つのセンサ素子 3 1 に吸着させた場合に電圧計 3 3 によって測定される測定値と、該測定値を与えた匂い物質に固有の識別情報との組み合わせを含む学習用データを用いた機械学習によって生成される。ここで、匂い物質に固有の識別情報とは、例えば、匂い物質の名称、CAS 番号、および化学式等であってもよい。

[0126] まず、測定値取得部 1 1 は、匂い物質を対象試料受入部 5 0 へ導入する前の匂いセンサ 3 0 において測定された電圧値 V_0 を取得し、抵抗値 R_0 を算

出する（ステップS1）。抵抗値R0としては200～1000Ωであり、さらに好ましくは250～900Ω、特に好ましくは300～800Ωである。その後、匂い物質を対象試料受入部50に入れる（ステップS1）。

[0127] 一方、入力部15は、対象試料受入部50内に導入した、既知の匂い物質の名称等の入力を受け付ける（ステップS2）。ステップ2の処理はステップS1の前に行ってもよい。

[0128] 次に、測定値取得部11は、センサ素子31への匂い物質吸脱着前後の過程における電圧値Vの変化量（ΔV）データ（波形または経時的变化パターン）を取得する（ステップS3）。

[0129] 続いて、変化パターン解析部12は、匂い物質吸脱着前後の過程における電圧値Vの変化量（ΔV）データ（波形または経時的变化パターン）と入力された既知の匂い物質の名称とを対応付けて変化パターンデータベースに記憶する（ステップS4）。

[0130] 所定種類の既存の匂い物質について変化パターンが記憶されていない場合（ステップS5にてNO）、すなわち、機械学習に用いるデータがまだ不足している場合、ステップS1に戻る。

[0131] 所定種類の既存の匂い物質について変化パターンが記憶された場合（ステップS5にてYES）、学習制御部13は、変化パターンデータベース21に記憶されている、既知の匂い物質についての変化パターンを読み出して、推定モデル生成部14に入力する。推定モデル生成部14は、変化パターンデータベース21に格納されている変化パターンを用いた機械学習アルゴリズムによって、推定モデル22を生成する（ステップS6）。

[0132] 推定モデル生成部14は、所定の機械学習によって生成した推定モデル22を記憶部2に格納する（ステップS7）。

[0133] 図5および図6に示す例では、推定装置10が推定モデル22を生成しているが、これに限定されない。例えば、推定装置10とは異なる外部のコンピュータであって、学習制御部13および推定モデル生成部14と同じ機能を備えるコンピュータに変化パターンデータベース21と同じデータを提供

して、推定モデル 2 2 を作成させてもよい。

- [0134] 推定モデル 2 2 を生成する処理は、データの前処理、および特徴量抽出を含んでいてもよい。また、推定モデル 2 2 を生成するための機械学習には機械学習アルゴリズムを用いてもよい。

- [0135] (特徴量抽出)

機械学習によって推定モデル 2 2 を生成するための学習用データは、測定値そのものであってもよいし、測定値から抽出した特徴量であってもよい。特徴量は例えば、統計量、微積分値、ピーク検出値、または自己相関値であってもよい。統計量としては、例えば、平均値、分散値、最大値、最小値、最大値と最小値の差、および標準偏差等が挙げられる。微積分値としては、例えば、微分値（測定値の経時変化等を示すグラフの傾き）および積分値（測定値の経時変化等を示すグラフにおける測定値の変化を示す曲線と、横軸（例えば時間軸）とによって規定される領域の面積）等が挙げられる。ピーク検出値としては、例えば、測定値の変化（例えば、経時変化）におけるピークの数および高さ等が挙げられる。自己相関値としては、例えば、測定値の変化（例えば、経時変化）における階差等が挙げられる。これらの特徴量の測定値からの抽出は、公知の方法に基づいて実施できる。

- [0136] (前処理方法)

機械学習によって推定モデル 2 2 を生成するための学習用データは、前処理を行うことなく機械学習に用いてもよいし、必要により所定の前処理を行った後に用いてもよい。また、前処理を行う場合、前記特徴量抽出を行う前、特徴量抽出を行った後、ならびに特徴量抽出の前および後の両方、のいずれの段階にて行ってもよい。前処理は公知の方法で行ってよい。公知の方法としては補正、ノイズ除去、標準化、データの変換、平滑化およびデータ拡張等の方法がある。補正としては、例えば、複数のセンサ素子、または市販のセンサ（例えば温度センサまたは湿度センサ等）による標準ガスの測定結果に基づく、出力比、独立成分分析（ICA）または統計量による積算、加算、減算および除算等が挙げられる。ノイズ除去としては、例えば、外れ値

またはホワイトノイズ等のノイズの除去等が挙げられる。標準化としては、例えば、特徴量の正規化および正則化等が挙げられる。データの変換としては、例えば、データのトレンドの除去、周波数変換および対数変換等が挙げられる。平滑化としては、例えば、データの移動平均の取得、および階差の取得等が挙げられる。データ拡張としては、例えば、同じサンプルデータの追加（例えば正規分布を仮定したデータ追加）、新しいサンプルデータの追加（例えば、ベクトルの混合比に係るデータの追加）等が挙げられる。

[0137] （機械学習アルゴリズム）

推定モデル生成部14に適用可能な機械学習アルゴリズムとしては、回帰分析、分類、木、時系列解析、ニューラルネットワークおよびクラスタリング等が挙げられる。回帰分析としては、例えば、ロジスティック回帰、Lasso回帰、エラスティックネット回帰、サポートベクター回帰（SVR）、線形回帰、Ridge回帰およびアンサンブル回帰等が挙げられる。分類としては、例えば、k近似法（k-nearest neighbor method）、サポートベクター分類（SVC）、単純ベイズ分類（Naive Bayes classifier）、確率的勾配降下法（SGD）およびカーネル近似等が挙げられる。木としては、例えば、決定木、回帰木、ランダムフォレスト、ブースティング（lightGBM、XGboost）およびスタッキング等が挙げられる。時系列としては、例えば、AR、MA、ARIMA、および状態空間等が挙げられる。ニューラルネットワークとしては、例えば、多層パーセプトロン（MLP）、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）、再帰型ニューラルネットワーク（RNN）、残差ニューラルネットワーク（ResNet）、トランスフォーマー、およびグラフニューラルネットワーク（GNN）等が挙げられる。クラスタリングとしては、例えば、混合ガウスモデル（GMM）、k平均法（k-means）、mini k-means、変分混合ガウスモデル（VBGMM）、カーネル近似等が挙げられる。

[0138] <匂い物質の推定>

次に、推定モデル22を用いて匂い物質を推定する匂い測定装置100a

の構成、および、推定処理について、図7および図8を用いて説明する。

[0139] (推定装置10aの構成(推定処理の実行))

図7は、匂い測定装置100aの構成の一例を示す機能ブロック図である。なお、説明の便宜上、図1および図5にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

[0140] 図7に示すように、推定装置10aは、制御部1a、記憶部2a、および出力部18を備えている。ここで、図7は、図5に示す推定装置10を、匂い物質の推定処理に利用した場合の構成例を示している。すなわち、図5に示す推定装置10と図7に示す推定装置10aとは、同じハードウェア構成を備えるコンピュータであってもよい。

[0141] 出力部18は、ユーザに推定結果を提示するためのものであり、例えば、ディスプレイ、スピーカ、ランプ等であってもよい。

[0142] 制御部1aは、測定値取得部11(取得部)、変化パターン解析部12(解析部)、推定部16、および出力制御部17を備えている。

[0143] 推定部16は、推定モデル22を用いて、匂いセンサ30から取得した測定値を解析した解析結果から匂い物質を推定する。

[0144] 出力制御部17は、推定結果を出力するように出力部18を制御する。

[0145] (推定処理)

以下、制御部1aの各部が行う具体的な処理については、図8を用いて説明する。図8は、推定装置10aが匂い物質を推定する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0146] まず、測定値取得部11は、匂い物質を対象試料受入部50へ導入する前の匂いセンサ30において測定された電圧値V0を取得し、抵抗値R0を算出する。その後、未知の匂い物質(性状問わない)を対象試料受入部50に導入する(ステップS11)。

[0147] 次に、測定値取得部11は、センサ素子31への未知の(すなわち、推定対象の)匂い物質吸脱着前後の過程における電圧値Vの変化量(ΔV)データ(波形または経時的变化パターン)を取得する(ステップS12)。

[0148] 次に、推定部 16 は、推定モデル 22 に基づき、経時的変化パターン（または変化パターンから抽出した特徴量）から、未知の匂い物質を推定する（ステップ S 13）。

[0149] 出力制御部 17 は、出力部を制御して、推定結果を出力する（ステップ S 14）。

[0150] 上述の実施形態では、推定モデル 22 を生成する推定装置 10 および推定モデル 22 を用いて匂い物質を推定する推定装置 10a について説明した。なお、推定装置 10 と推定装置 10a とは、別体の装置であってもよい、1 つの装置であってもよい。

[0151] <センサ素子 31c の構成例>

図 9 は、センサ素子群 31A に含まれる 1 つのセンサ素子 31c の構成の一例を示す上面図である。センサ素子 31c は、基板 311 上に配置された金属配線である電極 313 と、電極 313 上に形成された円状の匂い物質受容層 315c と、を備える。電極 313 は、第 1 金属配線 313C と第 2 金属配線 313D とを含む。第 1 金属配線 313C および第 2 金属配線 313D はそれぞれ、匂い物質受容層 315c の電気伝導性の変化を計測するための電極として機能する金属配線である。匂い物質受容層 315c の直径 R は、0.2 mm 以上、5 mm 以下である。図 9 において、センサ素子 31c が備える匂い物質受容層 315c の形状は一例として楕円状であるが、これに限定されない。匂い物質受容層 315c の形状が楕円である場合は、短径と、長径との平均が 0.2 mm 以上、5 mm 以下であってよい。また、匂い物質受容層 315c の形状は真円であってもよい。

[0152] 図 10 は、センサ素子群 31A に含まれる 1 つのセンサ素子 31d の構成の一例を示す上面図である。センサ素子 31d は、基板 311 上に配置された電極 313（第 1 金属配線 313C、第 2 金属配線 313D）と、電極 313 上に形成された帯状の匂い物質受容層 315d と、を備える。匂い物質受容層 315d の短方向の幅の長さ W は、0.2 mm 以上、5 mm 以下である。なお、以下の説明において特に匂い物質受容層 315c と 315d とを

区別しない場合、「匂い物質受容層 3 1 5」と総称する。

[0153] センサ素子群 3 1 A が含むセンサ素子 3 1 の電極は、それぞれ第 1 電極および第 2 電極を有し、第 1 電極および第 2 電極は、平行線状、平行曲線状、楕形状、または同心円状に配置されていてもよい。第 1 電極および第 2 電極は、前記のどの形状が採用される場合においても、互いに線対称、または点対称で配置されていることが好ましい。このように第 1 電極および第 2 電極が配置されることにより、匂い測定装置 1 0 0 は、気体に含まれる匂い物質を高精度に測定することができる。

[0154] 図 9 のセンサ素子 3 1 c は、第 1 金属配線 3 1 3 C と、第 2 金属配線 3 1 3 D を有している。また、一例として、第 1 金属配線 3 1 3 C は、金属配線 3 1 3 a と、金属配線 3 1 3 b とから構成されている第 1 電極であり、2 本の金属配線は、互いに垂直になるよう T 字状に配されている。第 2 金属配線 3 1 3 D は、第 1 金属配線 3 1 3 C と同様に 2 本の金属配線 3 1 3 c、3 1 3 d から構成されている第 2 電極であり、2 本の金属配線が互いに垂直になるよう T 字状に配されるよう構成されている。また、第 1 金属配線 3 1 3 C と、第 2 金属配線 3 1 3 D とは、金属配線 3 1 3 a と、金属配線 3 1 3 c とが向かい合うように平行線状に配置されている。

[0155] 第 1 金属配線 3 1 3 C および第 2 金属配線 3 1 3 D は、特に、互いに T 字状に配されていることにより、第 1 金属配線 3 1 3 C と、第 2 金属配線 3 1 3 D とを好適な距離に設置することができ、電極の抵抗値を安定化させることができる。例えば、電極が楕形状に配置されている場合は、電極間の距離が短くなり、電極の抵抗値が小さくなり過ぎる虞がある。また、第 1 金属配線 3 1 3 C および第 2 金属配線 3 1 3 D が互いに T 字状に配されていることにより、後述のセンサ素子 3 1 の製造方法の塗布工程において、スラリーが濡れ広がる領域に、濡れ広がりを妨げ得る電極の凹凸部分が存在しないため、スラリーが濡れ広がり易くなる。また、スラリーが濡れ広がり易くなることにより、乾燥後の匂い物質受容層 3 1 5 の厚みが一定になるという効果がある。

[0156] 図 11 は、センサ素子群 31A に含まれる 1 つのセンサ素子 31c の構成の一例を示す斜視図である。図 11 に示すように、センサ素子 31c において、第 1 金属配線 313C および第 2 金属配線 313D は、第 1 金属配線 313C および第 2 金属配線 313D が互いに対向しない方の端部において、それぞれピン 316 と接続されている。ピン 316 は第 1 金属配線 313C および第 2 金属配線 313D と、匂いセンサ 30 の他の部材とを電氣的に接続するための導電部材である。なお、図示されていないが、図 9 および図 10 に示すセンサ素子 31c およびセンサ素子 31d も、図 11 に示すピン 316 を備えている。

[0157] <センサ素子の製造方法>

以下、匂い測定装置 100 において用いられる、複数種類のセンサ素子 31 を製造する製造方法について説明する。センサ素子 31 の匂い物質受容層 315 は、その原料として様々な組成を有するスラリーを使用し得る。

[0158] (スラリー調製工程)

まず、導電性炭素材料および樹脂組成物の混合比が異なる複数種類のスラリーが調製される。導電性炭素材料および樹脂組成物の混合比は、所望する匂い物質受容層 315 の感度および検知特異性によって適宜設定されればよい。スラリーは、導電性炭素材料および樹脂組成物以外に溶媒、添加剤、および界面活性剤を含んでいてもよい。

[0159] (電極配置工程)

次に、基板上に電極が配置される。電極は、第 1 電極および第 2 電極を備えてよい。第 1 電極および第 2 電極は、平行直線状、平行曲線状、楕円状、および同心円状に配置されてもよい。また、第 1 電極および第 2 電極は、前記のどの形状が採用される場合においても、互いに線対称、または点対称で配置されていることが好ましい。さらに、第 1 電極および第 2 電極は平行直線状又は平行曲線状に配置されていることがより好ましい。第 1 電極および第 2 電極は、図 9 および図 10 に示すような形状となるよう配置されることが特に好ましい。具体的には、第 1 金属配線 313C が互いに垂直にな

るようＴ字状に配された２本の金属配線（３１３ aおよび金属配線３１３ c）によって構成され、第２金属配線３１３ Dが互いに垂直になるようＴ字状に配された２本の金属配線（３１３ cおよび金属配線３１３ d）によって構成され、第１金属配線３１３ Cと、第２金属配線３１３ Dとは、金属配線３１３ aと、金属配線３１３ cとが向かい合うように平行線状に配置されることが好ましい。このように第１金属配線および第２金属配線が配置されることにより、匂い測定装置１００は、気体に含まれる匂い物質を高精度に測定することができる。

[0160] 一例として、図９および図１０においては、１枚の基板３１１上に一組の電極（第１金属配線３１３ Cおよび第２金属配線３１３ D）を配置されているが、１枚の基板上に、複数の組の電極が並んで配置されていてもよい。

[0161] （領域規定工程）

続いて、電極が配置された基板上に、複数種類のスラリーのそれぞれを塗布する塗布領域が規定される。塗布領域は、例えば、レジストが配されることによって規定されてもよい。また、塗布工程において、スラリーがノズルから滴下される場合は、塗布領域は、ノズル径に合わせて規定されてもよい。レジストMは、塗布領域３３０を規定するように配されている。塗布領域３３０は、基板３１１がむきだしの状態である。

[0162] 塗布領域３３０の広さは、複数種類のスラリーのそれぞれに対して同じになるよう規定されてもよい。すなわち、導電性炭素材料および樹脂組成物の混合比がそれぞれ異なるスラリーであっても、スラリーを塗布するための塗布領域３３０の面積は、均一であってよい。これによれば、混合比が異なる、複数種類のスラリーを用いても、乾燥させた後の複数種類の匂い物質受容層３１５の面積のばらつきが少なくなる。

[0163] 塗布領域３３０は、一例として円状であるが、塗布領域３３０の形状はこれに限定されない。塗布領域３３０の形状は、円状、または帯状であってよい。これにより、円状、または帯状の匂い物質受容層３１５が形成される。

[0164] 塗布領域３３０の形状が円状である場合、円の直径は、０．２ mm以上、

5 mm以下であってよく、塗布領域330の形状が帯状である場合、帯の短方向の長さが0.2 mm以上、5 mm以下であってよい。これにより、円の直径が0.2 mm以上、5 mm以下の円状の匂い物質受容層315c、また、帯の短方向の長さが0.2 mm以上、5 mm以下の円状の匂い物質受容層315dが形成される。

[0165] レジストMが配される方法は特に限定されないが、規定された領域にソルダーレジストをシルク印刷し、その後ソルダーレジストをUV硬化させる方法、レジストフィルムを基板に貼付する方法、規定された領域のレジストのみを硬化し、未硬化部分を除去する方法などが挙げられる。

[0166] (塗布工程)

続いて、複数種類のスラリーのそれぞれが塗布領域330に塗布される。スラリーが塗布される方法は、従来公知の方法を適用可能であり、ノズルから滴下されてもよく、スプレーされてもよく、スピコートされてもよい。スラリーが塗布される方法は、特にノズルから滴下される方法が好ましく、例えば武蔵エンジニアリング株式会社製のIMAGE

MASTER350PCSmartにSUS製金属ニードルノズル（内径0.1 mmφ、外形0.23 mm）を使用することで、所望の塗布形状を得ることができる。

[0167] (乾燥工程)

最後に、塗布領域330に塗布されたスラリーを乾燥させて、匂い物質受容層315が形成される。スラリーの乾燥方法としては、特に限定されないが、例えば、常圧で100℃、1時間加熱し、その後真空乾燥機内で減圧しながら100℃で1時間加熱する方法を採用することができる。

[0168] <ソフトウェアによる実現例>

推定装置10、10aの制御ブロック（特に制御部1）は、集積回路（ICチップ）等に形成された論理回路（ハードウェア）によって実現してもよいし、ソフトウェアによって実現してもよい。

[0169] 後者の場合、推定装置10、10aは、各機能を実現するソフトウェアで

あるプログラムの命令を実行するコンピュータを備えている。このコンピュータは、例えば1つ以上のプロセッサを備えていると共に、上記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を備えている。そして、上記コンピュータにおいて、上記プロセッサが上記プログラムを上記記録媒体から読み取って実行することにより、本発明の目的が達成される。上記プロセッサとしては、例えばCPU (Central Processing Unit) を用いることができる。上記記録媒体としては、「一時的でない有形の媒体」、例えば、ROM (Read Only Memory) 等の他、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、プログラマブルな論理回路等を用いることができる。また、上記プログラムを展開するRAM (Random Access Memory) 等をさらに備えていてもよい。また、上記プログラムは、該プログラムを伝送可能な任意の伝送媒体（通信ネットワークや放送波等）を介して上記コンピュータに供給されてもよい。なお、本発明の一態様は、上記プログラムが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたデータ信号の形態でも実現され得る。

[0170] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

<その他>

本発明は、以下の構成を含む。

<1>ポリエステルアミド (A) およびフィラー (B) を含む、樹脂組成物を含む匂い物質受容層。

<2>前記ポリエステルアミド (A) の酸価が、 $0.3 \sim 50.0 \text{ mg KOH/g}$ である、<1>に記載の匂い物質受容層。

<3>前記フィラー (B) は導電性炭素材料である<1>または<2>に記載の匂い物質受容層。

<4>前記フィラーは、繊維状または粒子状である、<1>～<3>のいずれかに記載の匂い物質受容層。

<5>前記ポリエステルアミド（A）は、主鎖がポリアリルアミンであり、側鎖にポリエステル鎖を有する構造の樹脂である、<1>～<3>のいずれかに記載の匂い物質受容層。

<6>前記ポリエステルアミド（A）の数平均分子量は、600～50000である、<1>～<5>のいずれかに記載の匂い物質受容層。

<7>前記フィラー（B）の含有量は、前記ポリエステルアミド（A）と前記フィラー（B）との合計量を100重量%とした場合に、5～50重量%である、<1>～<4>のいずれかに記載の匂い物質受容層。

<8><1>～<7>のいずれかに記載の匂い物質受容層、第1金属配線、および第2金属配線を備えるセンサ素子であって、前記第1金属配線と前記第2金属配線とは離間しており、前記匂い物質受容層は、前記第1金属配線の少なくとも一部と前記第2金属配線の少なくとも一部とに接している、センサ素子。

<9><8>に記載の少なくとも1つのセンサ素子と、前記センサ素子に給電するための電源と、前記電源から給電されたセンサ素子の前記匂い物質受容層の電気伝導性を示す測定値を出力する測定機器と、を備える、匂いセンサ。

<10>前記電源は、前記少なくとも1つのセンサ素子に対して、定電流を供給するかまたは定電圧を印加する、<9>に記載の匂いセンサ。

<11><9>または<10>に記載の匂いセンサ、および推定装置を備える匂い測定装置であって、前記推定装置は、前記測定機器から前記測定値を取得する取得部と、前記少なくとも1つのセンサ素子の電気伝導性の経時的な変化を解析する解析部と、推定モデルに基づいて匂い物質を推定する推定部と、を備え、前記推定モデルは、複数の匂い物質のそれぞれを前記少なくとも1つのセンサ素子に吸着させた場合に前記測定機器によって測定される測定値と、該測定値を与えた匂い物質に固有の識別情報との組み合わせを含む学習用データを用いた機械学習によって生成される、匂い測定装置。

<12><11>に記載の匂い測定装置としてコンピュータを機能させるた

めの制御プログラムであって、前記取得部、前記解析部、および前記推定部としてコンピュータを機能させるための制御プログラム。

実施例

[0171] 以下、実施例および比較例により本発明をさらに説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。以下、特に定めない限り、％は重量％、部は重量部を示す。

[0172] <ポリエステルアミド（A）およびポリエステル樹脂の数平均分子量（ M_n と表記する場合有）の測定条件>

本明細書において、ポリエステルアミド（A）の M_n は、ゲルパーミエーションクロマトグラフィー（GPC）（HLC-802A（東ソー（株）製））を用いて下記の条件で測定することができる。

カラム：G4000PWXL（東ソー（株）製）、G5000PWXL（東ソー（株）製）以上2本を直列に配した。

移動相：20％アセトニトリル（50 mM塩化リチウムを含む）

流速：0.8 mL／分

カラム温度：40℃

ポンプ：L-6200（（株）日立製作所製）

検出器：L-3300（RI：示差屈折計、（株）日立製作所製）およびL-4200（UV-VIS：紫外可視吸光計、（株）日立製作所製）

試料溶液：0.5重量％のアセトニトリル溶液

試料注入量：200 μ L

また、該分子量を算出するための検量線は、スタンダードポリエチレンオキサイド（TOSOH製、 M_n が 2.40×10^4 、 5.00×10^4 、 1.0×10^5 、 1.40×10^5 、 2.5×10^5 、 5.4×10^5 の6種類）を用いて作成した。

[0173] <ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂およびポリエステルアミドの酸価の測定方法>

ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂、ポリエステルアミドの酸価は、J I

S K 0 0 7 0 : 1 9 9 2 により測定した。

[0174] 以下、ポリエステル樹脂およびポリアミド樹脂の製造例を示す。

[0175] <製造例 1>

[ポリエステル樹脂 (P E - 1) の作製]

冷却管、加熱冷却装置、温度計、攪拌機及び窒素導入管の付いた反応槽中に、1,2-ヒドロキシステアリン酸 5.8 部、ε-カプロラクトン 4.4 1 部、8 部を仕込み、窒素雰囲気下で 140℃まで 4 時間かけて昇温し、その後 2 時間反応させ、ε-カプロラクトンの残量が 1 % 以下になった時点で取り出した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリエステル樹脂 (P E - 1) を得た。ポリエステル樹脂 (P E - 1) の数平均分子量 (M_n) は 2600 で、酸価が 21.6 mg KOH/g であった。

[0176] <製造例 2>

[ポリエステル樹脂 (P E - 2) の作製]

1,2-ヒドロキシステアリン酸 5.8 部に代わり 1.5 2 部、ε-カプロラクトン 4.4 1 部に代わり 3.4 7 部を仕込んだ以外は製造例 1 と同様にして、ポリエステル樹脂 (P E - 2) を得た。ポリエステル樹脂 (P E - 2) の数平均分子量 (M_n) は 1000 で、酸価が 56.9 mg KOH/g であった。

[0177] <製造例 3>

[ポリエステル樹脂 (P E - 3) の作製]

冷却管、水分離管、加熱冷却装置、温度計、攪拌機及び窒素導入管の付いた反応槽中に、キシレン 30.0 部、1,2-ヒドロキシステアリン酸 30.0 部及び縮合触媒としてテトラブチルチタネート 0.1 部を仕込み、窒素雰囲気下で 140℃まで 4 時間かけて昇温した。次いで 140℃で 4 時間加熱し、キシレンを留去した後、取り出した。なお、加熱反応中に生じた水は溜出物中のキシレンと分離し反応槽外へ排出し、キシレンは反応溶液に返流した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリエステル樹脂 (P E - 3) を得た。ポリエステル樹脂 (P E - 3) の数平均分子量 (

Mn) は 2550 で、酸価が 22.0 mg KOH/g であった。

[0178] <製造例 4>

[ポリエステル樹脂 (PE-4) の作製]

製造例 3 に記載のものと同じ反応槽中に、キシレン 28.8 部、エチレングリコール 89.4 部、アジピン酸 210.6 部及び縮合触媒としてテトラブチルチタネート 0.1 部を仕込み、窒素雰囲気下で 140℃まで 4 時間かけて昇温した。次いで 160℃で 2 時間加熱し、キシレンを留去した後、取り出した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリエステル樹脂 (PE-4) を得た。ポリエステル樹脂 (PE-4) の数平均分子量 (Mn) は 2600 で、酸価が 21.6 mg KOH/g であった。

[0179] <製造例 5>

[ポリエステル樹脂 (PE-5) の作製]

12ヒドロキシステアリン酸 58.2 部に代わり 21.7 部、ε-カプロラクトン 441.8 部に代わり 478.3 部を仕込んだ以外は製造例 1 と同様にして、ポリエステル樹脂 (PE-5) を得た。ポリエステル樹脂 (PE-5) の数平均分子量 (Mn) は 9700 で、酸価が 5.8 mg KOH/g であった。

[0180] <製造例 6>

[ポリアミド樹脂 (PA-1) の作製]

製造例 3 に記載のものと同じ反応槽中に、キシレン 10.2 部、ヘキサメチレンジアミン 44.3 部、アジピン酸 55.7 部を仕込み、窒素雰囲気下で 160℃まで 4 時間かけて昇温した。次いで 160℃で 0.5 時間加熱し、キシレンを留去した後、取り出した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリアミド樹脂 (PA-1) を得た。ポリアミド樹脂 (PA-1) の数平均分子量 (Mn) は 600 で、酸価が 93.5 mg KOH/g であった。

[0181] 以下、ポリエステルアミドの製造例を示す。

[0182] <製造例 7>

〔ポリエステルアミド（A-1）の作製〕

製造例3に記載のものと同じ反応槽中に、キシレン150部と、ポリアリルアミン20%水溶液（ニッソー・ボーメディカル（株）製「PAA-03」、平均分子量約3,000）125.2部を仕込み、160℃まで昇温し、水分離管を使用して水を留去した。この際、水と分離したキシレンは反応溶液に返流した。その後、製造例1で得たポリエステル樹脂（PE-1）75.0部を160℃まで昇温したものを仕込み、2時間160℃で反応を行った。次いで160℃で0.5時間加熱し、キシレンを留去した後、取り出した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリエステルアミド樹脂（A-1）を得た。ポリエステルアミド樹脂（A-1）の数平均分子量（ M_n ）は10,800で、酸価が0.5mg KOH/gであった。

[0183] <製造例8～18>

〔ポリエステルアミド（A-2）～（A-12）の作製〕

表1に示す配合に従い、製造例7に記載と同じ操作を行い、ポリエステルアミド（A-2）～（A-12）を製造した。なお、表1中、ポリエステルの量（部）は、ポリエステルの仕込み量を意味する。ただし、表中のポリアリルアミンPAA-01は、ポリアリルアミン15%水溶液（ニッソー・ボーメディカル（株）製「PAA-01」、平均分子量約1,600）、ポリアリルアミンPAA-15Cは、ポリアリルアミン15%水溶液（ニッソー・ボーメディカル（株）製「PAA-15C」、平均分子量約15,000）を示す。

[0184]

[表1]

		製造例											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ポリアリアルアミン	ポリエステルアミド(A)	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11	A-12
	製品名	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-03	PAA-01	PAA-15C
	平均分子量	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	1600	15000
	水溶液の濃度(wt%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15
ポリエステル	ポリアリアルアミン水溶液量(部)	125.2	93.0	90.6	82.3	145.0	138.7	129.8	120.1	83.8	82.3	163.4	141.6
	品名	PE-1	PE-1	PE-1	PE-1	PE-2	PE-2	PE-2	PE-2	PE-3	PE-4	PE-2	PE-5
	数平均分子量	2600	2600	2600	2600	1000	1000	1000	1000	2550	2600	1000	6900
	ポリエステル量(部)	75.0	81.4	81.9	83.5	71.0	72.3	74.0	76.0	83.2	83.5	75.5	78.8
ポリエステルアミド	酸価(mg KOH/g)	0.5	10.1	11.3	14.9	22.4	27.5	34.8	45.2	15.0	14.8	15.1	6.6
	数平均分子量	10800	10500	10500	10200	6500	6400	6000	5800	10400	10500	4700	35000

<製造例19>
[ポリエステルアミド(A-13)の作製]

製造例3に記載のものと同じ反応槽中に、キシレン150部、ポリエステル樹脂（PE-2）42.6部、ポリアミド樹脂（PA-1）51.1部、1,4-ブタンジオール10.6部及び縮合触媒としてテトラブチルチタネート0.1部を仕込み、窒素雰囲気下で160℃まで4時間かけて昇温した。次いで160℃で2時間加熱し、キシレンを留去した後、取り出した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリエステルアミド（A-13）を得た。ポリエステルアミド（A-13）の数平均分子量（ M_n ）は9,350で、酸価が12.0mg KOH/gであった。

[0185] <製造例20>

[ポリエステルアミド（A-14）の作製]

製造例3に記載のものと同じ反応槽中に、キシレン150部、ヘキサメチレンジアミン24.7部、エチレングリコール13.3部、アジピン酸62.1部及び縮合触媒としてテトラブチルチタネート0.1部を仕込み、窒素雰囲気下で160℃まで4時間かけて昇温した。次いで160℃で4時間加熱し、キシレンを留去した後、取り出した。取り出した樹脂を室温まで冷却後、粉碎して粒子化し、ポリエステルアミド（A-14）を得た。ポリエステルアミド（A-14）の数平均分子量（ M_n ）は10,000で、酸価が11.2mg KOH/gであった。

[0186] 以下、樹脂組成物の製造例および比較製造例を示す。

[0187] 樹脂組成物の製造例および比較製造例で使用する各種材料に関する説明を以下に示す。<フィラー（B）>

B-1：カーボンブラック（デンカ（株）製、「デンカブラック」、一次粒子径：48nm、DBP吸油量：177cm³/100g）

B-2：カーボンブラック（MTI Corporation社製、「SuperC65」、一次粒子径：50nm、DBP吸油量：254cm³/100g）

B-3：カーボンナノチューブ（昭和電工（株）製、「VGCF-H」）

B-4：シリカ（日産化学（株）製、「IPA-ST-ZL」）

<溶剤 (D) >

D-1 : N-メチル-2-ピロリドン

D-2 : イソプロピルアルコール

D-3 : トルエン

<樹脂 (P) >

P-1 : ブチラル樹脂 (積水化学工業 (株) 製、「エスレック BM-1」)

P-2 : 酢酸セルロース (富士フィルム和光純薬 (株) 製)

P-3 : ポリメタクリル酸メチル (富士フィルム和光純薬 (株) 製)

P-4 : ポリ塩化ビニル (富士フィルム和光純薬 (株) 製)

P-5 : フッ素樹脂 (シグマアルドリッチ製、「ポリビニリデンフルオリド」)

<分散剤 (Q) >

Q-1 : ポリエチレングリコール (数平均分子量 3,400) (三洋化成工業 (株) 製、「PEG-4000S」)

Q-2 : 長鎖アミノアミド・リン酸・アミン (有効成分 45%) (楠本化成 (株) 製、「ディスパロン 1850」)

Q-3 : デオキシコール酸ナトリウム (シグマアルドリッチ製)

Q-4 : ポリアクリル酸系重合体 (固形分 40%) (東亜合成 (株) 製、「SD-10」)

<樹脂組成物 1 >

下記の成分を下記の量でサンプル瓶に量り取り、混合物を得た。

[0188] ポリエステルアミド (A-1) 60 重量部

フィラー (B-1) 40 重量部

溶剤 (D-1) 400 重量部

当該混合物を、自転／公転ミキサー ((株) シンキー製 ARE-310) を用いて 2000 回転／分で 20 分間攪拌して、スラリーを得た。こうして当該スラリーとして樹脂組成物 1 を得た。

[表3]

		樹脂組成物 No.											
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
ポリエステルアミド (A)	種類	A-11	A-12	A-13	A-14	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4	
	酸価(mg KOH/g)	15.1	6.6	12.0	11.2	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	
	量(重量部)	60	60	60	60	75	85	93	60	70	70	80	
フィラー (B)	種類	B-1	B-1	B-1	B-1	B-1	B-1	B-1	B-2	B-3	B-4	B-4	
	量(重量部)	40	40	40	40	25	15	7	40	30	30	20	
	重量比	60:40	60:40	60:40	60:40	75:25	85:15	93:7	60:40	70:30	70:30	80:20	
溶剤 (D)	種類	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	
	量(重量部)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	

＜比較樹脂組成物 r 1＞

下記の成分を下記の量でサンプル瓶に量り取り、混合物を得た。

[0190] 分散剤（Q－1） 60重量部

フィラー（B－1） 40重量部

溶剤（D－1） 400重量部

当該混合物を、自転／公転ミキサー（（株）シンキー製ARE－310）

を用いて2000回転／分で20分間攪拌して、スラリーを得た。こうして当該スラリーとして比較樹脂組成物 r 1 を得た。

<比較樹脂組成物 r 2>

分散剤 (Q-1) 60部に代えて分散剤 (Q-2) 133部を用い、溶剤 (D-1) 400部に代えて327部を用いること以外は、比較樹脂組成物 r 1 と同様にして、比較樹脂組成物 2 を作製した。

<比較樹脂組成物 r 3>

分散剤 (Q-1) に代えて分散剤 (Q-3)、フィラー (B-1) の代わりに (B-3) を用いること以外は、比較樹脂組成物 r 1 と同様にして、比較樹脂組成物 3 を作製した。

<比較樹脂組成物 r 4>

分散剤 (Q-1) 60部に代えて分散剤 (Q-4) 150部を用い、フィラー (B-1) の代わりに (B-3) を用い、溶剤 (D-1) 400部に代えて310部を用いること以外は、比較樹脂組成物 r 1 と同様にして、比較樹脂組成物 4 を作製した。

[0191] 以下、センサ素子の実施例および比較例を示す。

[0192] <センサ用基板 K-1 の製造>

〔基板の製造〕

図12および図13は、実施例において用いたセンサ用基板 K-1 の製造方法を説明するための概略図である。本実施例では、縦150mm、横100mm、厚み1.0mmのガラス布基材エポキシ樹脂銅張積層板 FR-4.0 (パナソニック電工 (株) 製) を用い、図12および図13に示すように、当該積層板上に設計したセンサ用基板を、後述の方法により、縦方向に16行、横方向に16列 (合計256個分) 製造した。この時、余白部分として上下部分に各11mm、左右部分に各10mmを確保した。

[0193] 〔配線パターンの設計〕

図14および図15は、実施例として用いたセンサ用基板 K-1 の構成を示す概略図である。図14は、センサ素子 (実施形態中のセンサ素子 31 に

対応)の表面(図10において金属配線313および匂い物質受容層315が配置される面)を示し、図15は、センサ素子の裏面(表面に対して反対側の面)を示す。図12に示すように、基板サイズが縦8mm、横5mmの、図9に示したT字型の電極が向かい合う形状であり、313aおよび313cの長さが2.5mm、313bおよび313dの長さが2mm、313aと313cとの間隔が1.5mm、各電極の幅が0.3mmである配線パターンを、上述の積層板上に合計256個分設計した。さらに、図14および図15に示すように、匂いセンサの他の部材と電氣的に接続するための導電部材であるピンを挿す部分として、第1金属配線313Cおよび第2金属配線313Dが互いに対向しない方の端部に直径1mmの円形状の導通部を設け、裏面の同じ位置にも同様に直径1mmの円形状の導通部を設計した。

[0194] 〔スルーホール作製工程〕

各センサ用基板にピン(実施形態中のピン316に対応)を実装するため、直径1mmの円形状の導通部分にNCドリルマシンを用いてスルーホール用の穴を開け、まず無電解銅めっき、次いで硫酸銅めっきを施して厚さ25 μ mの銅めっき層を有するスルーホールを作製した。

[0195] 〔パターン形成工程〕

センサ用基板の両面に感光性ドライフィルムレジスト(商品名「フォテックRD-3025」、膜厚25 μ m、昭和電工マテリアルズ(株)製)をロールラミネータ(圧力0.4MPa、温度110 $^{\circ}$ C、ラミネート速度0.4m/min)を用いて貼り付けた。その後、紫外線露光機にて感光性ドライフィルムレジスト側から表面用ネガ型フォトマスクおよび裏面用ネガ型フォトマスクを介し、紫外線(波長355nm)を85mJ/cm²照射し、未露光部分の感光性ドライフィルムレジストを35 $^{\circ}$ Cの5重量%の炭酸ナトリウム水溶液で除去した。その後、塩化第二鉄水溶液を用いて、感光性ドライフィルムレジストが除去されむき出しになった部分の銅箔をエッチングにより除去し、35 $^{\circ}$ Cの10重量%水酸化ナトリウム水溶液を用いて、露光部分の感光性ドライフィルムレジストを除去した。

[0196] この時に使用した表面用ネガ型フォトマスクは、設計したセンサ用基板を、縦方向に8mmおきに16行、横方向に5mmおきに16列配置したパターン、裏面用ネガ型フォトマスクは、表面用ネガ型フォトマスクの円形状部分と一致する位置に直径1mmの円形状を配置したパターンを使用した。

[0197] [ソルダーレジスト工程]

二液性アルカリ現像型ソルダーレジストインキ（太陽インキ製造（株）製、商品名「PSR-4000 AUS320/CA-40 AUS320」）を、表面側は、銅箔部分、スルーホール部分、および帯状の匂い物質受容層315d部分（図14において斜線で示す部分）を除く部分、裏面側は、銅箔部分およびスルーホール部分を除く部分にパターン印刷し、80℃で30分間加熱し仮乾燥した後、紫外線（波長355nm）を600mJ/cm²照射し、未露光部分を35℃の1重量%の炭酸ナトリウム水溶液で除去した。その後、150℃で60分間加熱しソルダーレジストインキを硬化させた。

[0198] [表面処理工程]

センサ用基板を、脱脂、ソフトエッチング、および酸洗浄し、触媒付与液（奥野製薬工業（株）製、商品名「ICPアクセラCOA」）に25℃で5分間浸漬後、水洗し、90℃の無電解Niめっき液（奥野製薬工業（株）製、商品名「トップニコロンSA-98-MLF」100mlおよび「トップニコロンSA-98-1LF」55mlで建浴）に6分間浸漬して3μmの厚さのNi被膜を形成し、その後、純水にて洗浄を実施した。

[0199] 次に、センサ用基板を、置換型金めっき液（小島化学薬品（株）製、商品名「オーエル2300」）に85℃で5分間浸漬し、Ni被膜上に0.05μmの厚さの置換金被膜を形成し、銅箔部分が、ニッケル及び金のめっきに被覆された基板を得た。

[0200] [基板のVカット]

Vカットマシンを用いて、1個のセンサ用基板ごとに切り離すことができるように縦8mm、横5mmのサイズごとにVカットを行った。

[0201] 〔ピンの実装〕

作製したスルーホールにＩＣ用端子（（株）マックエイト製、商品名「ハイブリットＩＣ用端子」、 $\phi 0.6\text{ mm}$ 、長さ 5 mm ）をはんだ付けした。これらにより図１４および図１５に示すセンサ用基板Ｋ－１を合計２５６個作製した。

[0202] ＜センサ用基板Ｋ－２の製造＞

間隔幅 $500\text{ }\mu\text{ m}$ の複数の金属配線を備えたシール基板（ＩＣＢ－０７３、サンハヤト（株）製）から、２本１組の金属配線を含むシール基板を切り出した。切り出したシール基板を、さらに金属配線の長さが 3.5 cm となるように切断した。

[0203] 切断されたシール基板をガラス板の上に、金属配線が上になるように両面テープで貼り付けた。また、金属配線の露出部分の長さが 3.0 cm となるように、金属配線の余分な部分にビニールテープを貼り付けてマスクした。

[0204] これによりセンサ用基板Ｋ－２を作製した。

[0205] ＜センサ素子＞

武蔵エンジニアリング株式会社製のＩＭＡＧＥ　ＭＡＳＴＥＲ３５０ＰＣＳｍａｒｔにＳＵＳ製金属ニードルノズル（内径 $0.1\text{ mm}\phi$ 、外形 0.23 mm ）を取り付けたものを用いて、作製したセンサ用基板Ｋ－１上に樹脂組成物１～１９それぞれを滴下することで、金属配線部に塗布した。塗布後、 100°C に加熱した循風乾燥機で３時間乾燥させた。乾燥後、室温まで冷却することで、センサ素子（Ｅ１－１）～（Ｅ１－１９）を作製した。なお、同様の操作を合計１０回繰り返し行い、各センサ素子につき１０個ずつ作製した。樹脂組成物４については、さらに同様の操作を５０回繰り返し行った。

[0206] 攪拌機のついた容器に、（Ｄ－２）１９部および（Ｐ－１）１部を仕込んだ後、攪拌し（Ｐ－１）を溶解させた。

作製した（Ｐ－１）の溶液を、前述の塗布装置を用いて、樹脂組成物４を塗布・乾燥させたセンサ素子の塗布部分に重ね塗りした。塗布後、 100°C に

加熱した順風乾燥機で1時間乾燥させた。乾燥後、室温まで冷却することで、センサ素子（E 1－2 0）を作製した。同様の操作を合計1 0回繰り返し行い、1 0個作製した。

[0207] （D－2）に代わり（D－1）、（P－1）の代わりに（P－2）を仕込んだ以外は同様の操作を行い、センサ素子（E 1－2 1）を1 0個作製した。

[0208] （D－2）に代わり（D－3）、（P－1）の代わりに（P－3）を仕込んだ以外は同様の操作を行い、センサ素子（E 1－2 2）を1 0個作製した。

[0209] （D－2）に代わり（D－1）、（P－1）の代わりに（P－4）を仕込んだ以外は同様の操作を行い、センサ素子（E 1－2 3）を1 0個作製した。

[0210] （D－2）に代わり（D－1）、（P－1）の代わりに（P－5）を仕込んだ以外は同様の操作を行い、センサ素子（E 1－2 4）を1 0個作製した。

[0211] 作製したセンサ用基板K－2に、バーコーター（No. 4）を用いて、樹脂組成物4、5、2 0、2 1それぞれを金属配線の露出部に塗布した。塗布後、1 0 0℃に加熱した循環乾燥機で3時間乾燥させた。乾燥後、室温まで冷却してから、匂い物質受容層3 1 5を備えた金属配線をガラス板から剥離して、センサ素子（E 2－1）～（E 2－4）を作製した。なお、同様の操作を1 0回繰り返し行い、各センサ素子につき1 0個ずつ作製した。

[0212] <匂いセンサ1～1 2の構築>

検体（匂い物質）を導入する導入口および温度調整用のアルミブロック恒温槽を備えた対象試料受入部と、気体供給用の窒素ガスボンベ、マスフローコントローラ、センサチャンバとを備えた筐体を作製した。この時、対象試料受入部の容積は、センサチャンバの容積の5倍となるように設計した。

[0213] センサの端子を外部へ取り出すためのリード線を1 0個のセンサ素子（E 1－1）のそれぞれにはんだ付けし、1 0個のセンサ素子（E 1－1）をセ

ンサチャンバ内に設置した。センサ素子（E 1－1）それぞれに対し、センサチャンバ外部に取り出したリード線の末端に5 Vの定電圧電源と300 Ω の固定抵抗を直列に接続し、センサ素子の両端子にかかる電圧を測定するための電圧計を接続した。こうして10個のセンサ素子（E 1－1）を有する匂いセンサ1を構成した。

[0214] センサ素子（E 1－1）に代えてセンサ素子（E 1－2）～（E 1－24）、（E 2－1）～（E 2－2）および比較用センサ素子（E ‘1－1）～（E ‘1－4）、（E ‘2－1）～（E ‘2－4）を用いる以外は匂いセンサ1と同様にして、匂いセンサ2～26およびc 1～c 8をそれぞれ構成した。

[0215] センサ素子（E 1－1）に代えてセンサ素子（E 2－3）、（E 2－4）および（E ‘2－5）を用い、さらに膜型表面応力センサ(Membrane-type Surface stress Sensor:MSS)方式を用い、SD-MSSセンサプローブ（NIMS製）を使用し、センサ素子からの起電力をアンプで増幅して出力電圧を取得したこと以外は匂いセンサ1と同様にして、匂いセンサ27、29およびc 9を構築した。

[0216] センサ素子（E 1－1）に代えてセンサ素子（E 2－3）、（E 2－4）および（E ‘2－5）を用い、水晶振動子マイクロバランス（Quartz Crystal Microbalance; QCM）方式を用い、QA-A9M-AU（セイコーEG&G社製）を使用し、共振周波数を周波数カウンタで計測し、周波数変化を取得したこと以外は匂いセンサ1と同様にして、匂いセンサ28、30およびc 10を構築した。

[0217] 〔評価〕

＜電圧変化量（ ΔV ）および ΔV 変動係数の測定＞

匂いセンサ1～30およびc 1～c 10のそれぞれについて、対象試料受入部に検体としてのエタノールを5 ml入れた。その後、キャリアガス導入部からキャリアガスとしての窒素をセンサ素子が設置されているチャンバ内へ、ガスフロー調整器によって1 L/minの流量で流し、外部に排出した

。この間、センサ素子に接続されている電圧計の測定値をコンピュータで記録した。こうして、匂いセンサにおける10個のセンサ素子のそれぞれの電圧値を測定した。各匂いセンサの各センサ素子について、検体導入前の出力電圧 V_0 および検体導入後中の電圧 V の差の最大値 ΔV を算出した。そして、各匂いセンサで得られた10個の最大値 ΔV のデータの標準偏差 σ および平均値 μ を算出し、センサ素子を形成する樹脂組成物の ΔV 変動係数($=\sigma/\mu$)を求めた。匂いセンサ27, 29およびc9についてはMSSセンサ素子から得られた出力電力について V_0 と V を得た。匂いセンサ28、30およびc10についてはQCMセンサ素子から得られた周波数について F_0 と F を得て、それぞれ V_0 と V の場合と同様に算出して平均値と変動係数を得た。

[0218] 実施例1～30の匂いセンサ1～30、および比較例1～10の匂いセンサc1～c10について、それぞれの樹脂組成物の組成とセンサ評価結果を表4～6に示す。

[表4]

	匂いセンサ No.	センサ方式	センサ素子 No.	基板種類	樹脂組成物 No.	ポリエステルアミド (A)		フイラー (B)	重量比 (A): (B)		セパ構造	樹脂 (P)	ΔV	
						種類	酸価 (mg KOH/g)						平均値 (V)	変動係数
実施例 1	1	抵抗式	E1-1	K-1	1	A-1	0.5	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.1	0.15
実施例 2	2	抵抗式	E1-2	K-1	2	A-2	10.1	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.22	0.1
実施例 3	3	抵抗式	E1-3	K-1	3	A-3	11.3	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.32	0.07
実施例 4	4	抵抗式	E1-4	K-1	4	A-4	14.9	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.47	0.03
実施例 5	5	抵抗式	E1-5	K-1	5	A-5	22.4	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.48	0.03
実施例 6	6	抵抗式	E1-6	K-1	6	A-6	27.5	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.35	0.05
実施例 7	7	抵抗式	E1-7	K-1	7	A-7	34.8	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.23	0.09
実施例 8	8	抵抗式	E1-8	K-1	8	A-8	45.2	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.08	0.15
実施例 9	9	抵抗式	E1-9	K-1	9	A-9	15.0	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.33	0.07
実施例 10	10	抵抗式	E1-10	K-1	10	A-10	14.8	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.26	0.08
実施例 11	11	抵抗式	E1-11	K-1	11	A-11	15.1	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.39	0.06
実施例 12	12	抵抗式	E1-12	K-1	12	A-12	6.6	B-1	60:40	60:40	単層	—	1.37	0.08
実施例 13	13	抵抗式	E1-13	K-1	13	A-13	12.0	B-1	60:40	60:40	単層	—	0.92	0.17
実施例 14	14	抵抗式	E1-14	K-1	14	A-14	11.2	B-1	60:40	60:40	単層	—	0.78	0.18
実施例 15	15	抵抗式	E1-15	K-1	15	A-4	14.9	B-1	75:25	75:25	単層	—	1.44	0.08
実施例 16	16	抵抗式	E1-16	K-1	16	A-4	14.9	B-1	85:15	85:15	単層	—	1.46	0.12
実施例 17	17	抵抗式	E1-17	K-1	17	A-4	14.9	B-1	93:7	93:7	単層	—	1.47	0.18
実施例 18	18	抵抗式	E1-18	K-1	18	A-4	14.9	B-2	60:40	60:40	単層	—	1.44	0.03
実施例 19	19	抵抗式	E1-19	K-1	19	A-4	14.9	B-3	70:30	70:30	単層	—	1.44	0.09

[表5]

	匂いセンサ No.	センサ方式	センサ素子 No.	基板種類	樹脂組成物 No.	ポリエステルアミド(A)		フイバー (B)	重量比		センサ構造	樹脂(P)	ΔV	
						種類	酸価(mg KOH/g)		(A):(B)	平均値(V)			変動係数	
実施例 20	20	抵抗式	E1-20	K-1	4	A-4	14.9	B-1	60:40	2層	P-1	1.46	0.03	
実施例 21	21	抵抗式	E1-21	K-1	4	A-4	14.9	B-1	60:40	2層	P-2	1.42	0.04	
実施例 22	22	抵抗式	E1-22	K-1	4	A-4	14.9	B-1	60:40	2層	P-3	1.41	0.03	
実施例 23	23	抵抗式	E1-23	K-1	4	A-4	14.9	B-1	60:40	2層	P-4	1.41	0.04	
実施例 24	24	抵抗式	E1-24	K-1	4	A-4	14.9	B-1	60:40	2層	P-5	1.4	0.04	
実施例 25	25	抵抗式	E2-1	K-2	4	A-4	14.9	B-1	60:40	単層	—	1.46	0.03	
実施例 26	26	抵抗式	E2-2	K-2	5	A-5	22.4	B-1	60:40	単層	—	1.47	0.04	
実施例 27	27	MSS	E2-3	K-2	20	A-4	14.9	B-4	70:30	単層	—	0.75	0.18	
実施例 28	28	QCM	E2-3	K-2	20	A-4	14.9	B-4	70:30	単層	—	210Hz	0.19	
実施例 29	29	MSS	E2-4	K-2	21	A-4	14.9	B-4	80:20	単層	—	0.77	0.19	
実施例 30	30	QCM	E2-4	K-2	21	A-4	14.9	B-4	80:20	単層	—	240Hz	0.2	

[表6]

	匂いセンサ No.	センサ方式	センサ素子 No.	基板 種類	樹脂組成物 No.	ポリエスチルアミド(A)		分散剤 (Q)	フラー (B)	重量比 (A):(B)	ΔV	
						種類	酸価 (mg KOH/g)				平均値 (V)	変動係数
比較例 1	c1	抵抗式	E' 1-1	K-1	r1	—	—	Q-1	B-1	60:40	0.03	0.35
比較例 2	c2	抵抗式	E' 1-2	K-1	r2	—	—	Q-2	B-1	60:40	0.04	0.28
比較例 3	c3	抵抗式	E' 1-3	K-1	r3	—	—	Q-3	B-3	70:30	0.05	0.3
比較例 4	c4	抵抗式	E' 1-4	K-1	r4	A-4	14.9	—	—	—	0.01	0.44
比較例 5	c5	抵抗式	E' 2-1	K-2	r1	—	—	Q-1	B-1	60:40	0.05	0.36
比較例 6	c6	抵抗式	E' 2-2	K-2	r2	—	—	Q-2	B-1	60:40	0.05	0.29
比較例 7	c7	抵抗式	E' 2-3	K-2	r3	—	—	Q-3	B-3	70:30	0.06	0.3
比較例 8	c8	抵抗式	E' 2-4	K-2	r4	A-4	14.9	—	—	—	0.01	0.45
比較例 9	c9	MSS	E' 2-5	K-2	r5	—	—	Q-4	B-4	70:30	0.12	0.45
比較例 10	c10	QCM	E' 2-5	K-2	r5	—	—	Q-4	B-4	70:30	10Hz	0.44

表4～6において、ΔVの平均値は、匂いセンサの感度の観点では、大きいほど好ましい。一方で、ΔV変動係数は、当該ばらつき低減の観点では、小さいほど好ましい。

[0219] <考察>

表4および5に示させるように、匂いセンサ1～30は、いずれも比較例である匂いセンサc1～c10に比べて、より高い ΔV の平均値、およびより低い ΔV 変動係数を示している。

[0220] 実施例1～30と比較例1～3、5～7、9、10との対比によれば、ポリエステルアミドを含まない樹脂組成物r1～r3、r5を備える匂いセンサc1～c3、c5～c7、c9、c10は、 ΔV の平均値は小さく、 ΔV 変動係数は大きくなることが分かった。

[0221] 実施例1～30と比較例4、8との対比によれば、フィラーを含まない樹脂組成物r4を備える匂いセンサc4、c8は、 ΔV の平均値は小さく、 ΔV 変動係数は大きくなることが分かった。

[0222] 実施例1～8の対比によれば、ポリエステルアミド(A)の酸価によらず実用上問題ない ΔV の平均値および ΔV 変動係数が得られている。特に酸価が14.9および22.4のポリエステルアミドと導電性炭素材料であるフィラーを60:40の重量比で備える匂いセンサ4および5の ΔV の平均値が大きく、 ΔV 変動係数が最も小さい値であった。

[0223] 実施例4と実施例13、14との対比によれば、ポリエステルアミド(A)の分子構造に関わらず実用上問題ない ΔV の平均値および ΔV 変動係数が得られている。特に、主鎖がポリアリルアミンであり、側鎖にポリエステル鎖を有する構造の樹脂であるポリエステルアミド(A-4)を備える匂いセンサ4の ΔV の平均値が最も大きく、 ΔV 変動係数が最も小さい値であった。

[0224] 実施例25～30の対比によれば、センサ方式が異なる場合でも実用上問題ない ΔV 変動係数が得られている。

[0225] 実施例4と実施例18、19との対比によれば、フィラー(B)の種類が異なる場合でも実用上問題ない ΔV の平均値および ΔV 変動係数が得られている。

[0226] 実施例4と実施例15～17との対比によれば、ポリエステルアミド(A

）とフィラー（B）の重量比が異なる場合でも実用上問題ない ΔV の平均値および ΔV 変動係数が得られている。特に（A）：（B）＝60：40である樹脂組成物4を備える匂いセンサ4の ΔV の平均値が最も大きく、 ΔV 変動係数が最も小さい値であった。

[0227] よって、ポリエステルアミド（A）およびフィラー（B）を含む樹脂組成物からなる匂い物質受容層を備える匂いセンサは、実用上問題ない ΔV の平均値および ΔV 変動係数を示すことが分かった。すなわち、このような匂いセンサを搭載した匂い測定装置は、匂いの検出感度が高くかつ安定した測定結果を出力することができることから、匂いの識別性能が高いと言える。

産業上の利用可能性

[0228] 本発明は、医療用、ガス検知用、農業用およびその他工業や生活に用いられる匂い識別センサとして有用である。例えば、農家が香りのある作物の成熟具合を匂いセンサで判定して最適な収穫タイミングを管理することもできる。また、食品または化粧品などの製品の匂いを匂いセンサでデータ化して、製品開発の効率向上および品質安定化を支援することもできる。

符号の説明

- [0229] 10、10a 推定装置
- 11 測定値取得部（取得部）
 - 12 変化パターン解析部（解析部）
 - 16 推定部
 - 30 匂いセンサ
 - 31A 複数のセンサ素子（センサ素子群）
 - 31、31b、31c センサ素子
 - 32、32b 定電圧電源（電源）
 - 33、33b 電圧計（測定機器）
 - 100、100a 匂い測定装置
 - 313A、313C 第1金属配線
 - 313B、313D 第2金属配線

3 1 5、3 1 5 c、3 1 5 d 匂い物質受容層

5 0 対象試料受入部

5 1 調節部

6 0 センサチャンバ

8 0 気体供給部

9 1、9 2、9 3、9 4 管体

5 0 1 第 1 口

5 0 2 第 2 口

5 0 3 試料導入口

請求の範囲

- [請求項1] ポリエステルアミド（A）およびフィラー（B）を含む、樹脂組成物を含む匂い物質受容層。
- [請求項2] 前記ポリエステルアミド（A）の酸価が、 $0.3 \sim 50.0 \text{ mg KOH/g}$ である、請求項1に記載の匂い物質受容層。
- [請求項3] 前記フィラー（B）は導電性炭素材料である請求項1に記載の匂い物質受容層。
- [請求項4] 前記フィラーは、繊維状または粒子状である、請求項3に記載の匂い物質受容層。
- [請求項5] 前記ポリエステルアミド（A）は、主鎖がポリアリルアミンであり、側鎖にポリエステル鎖を有する構造の樹脂である、請求項1に記載の匂い物質受容層。
- [請求項6] 前記ポリエステルアミド（A）の数平均分子量は、 $600 \sim 50000$ である、請求項1に記載の匂い物質受容層。
- [請求項7] 前記フィラー（B）の含有量は、前記ポリエステルアミド（A）と前記フィラー（B）との合計量を100重量%とした場合に、 $5 \sim 50$ 重量%である、請求項1に記載の匂い物質受容層。
- [請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載の匂い物質受容層、第1金属配線、および第2金属配線を備えるセンサ素子であって、
前記第1金属配線と前記第2金属配線とは離間しており、
前記匂い物質受容層は、前記第1金属配線の少なくとも一部と前記第2金属配線の少なくとも一部とに接している、センサ素子。
- [請求項9] 請求項8に記載の少なくとも1つのセンサ素子と、
前記センサ素子に給電するための電源と、
前記電源から給電されたセンサ素子の前記匂い物質受容層の電気伝導性を示す測定値を出力する測定機器と、を備える、匂いセンサ。
- [請求項10] 前記電源は、前記少なくとも1つのセンサ素子に対して、定電流を供給するかまたは定電圧を印加する、請求項9に記載の匂いセンサ。

- [請求項11] 請求項10に記載の匂いセンサ、および推定装置を備える匂い測定装置であって、
- 前記推定装置は、
- 前記測定機器から前記測定値を取得する取得部と、
- 前記少なくとも1つのセンサ素子の電気伝導性の経時的な変化を解析する解析部と、
- 推定モデルに基づいて匂い物質を推定する推定部と、を備え、
- 前記推定モデルは、複数の匂い物質のそれぞれを前記少なくとも1つのセンサ素子に吸着させた場合に前記測定機器によって測定される測定値と、該測定値を与えた匂い物質に固有の識別情報との組み合わせを含む学習用データを用いた機械学習によって生成される、匂い測定装置。
- [請求項12] 請求項11に記載の匂い測定装置としてコンピュータを機能させるための制御プログラムであって、前記取得部、前記解析部、および前記推定部としてコンピュータを機能させるための制御プログラム。