(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
2021年3月4日(04.03.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/040050 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/032957

(22) 国際出願日： 2020年8月31日(31.08.2020)

(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 2019-157961 2019年8月30日(30.08.2019) JP

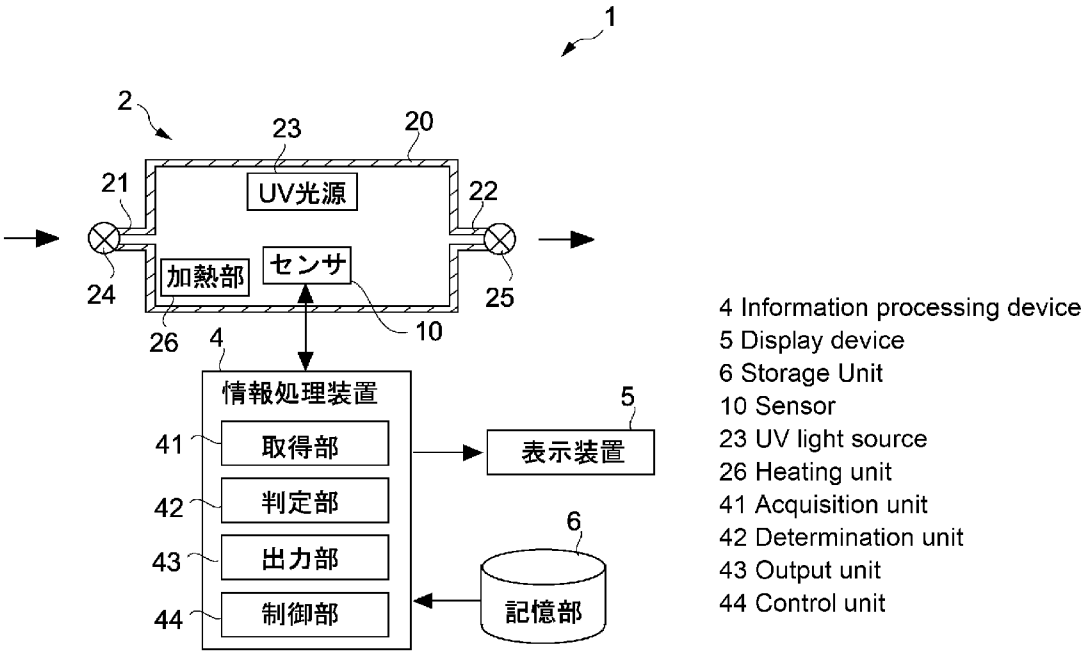
(71) 出願人:太陽誘電株式会社(**TAIYO YUDEN CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: ムルナガタン マノハラン(**MURUGANATHAN, Manoharan**); 〒9231292 石川県能美市旭台１－１ 北陸先端科学技術大学院大学内 Ishikawa (JP). アグボンラホール ガブリエル(**AGBONLAHOR, Gabriel**); 〒9231292 石川県能美市旭台１－１ 北陸先端科学技術大学院大学内 Ishikawa (JP). 水田 博(**MIZUTA, Hiroshi**); 〒9231292 石川県能美市旭台１－１ 北陸先端科学技術大学院大学内 Ishikawa (JP). 下舞 賢一(**SHIMOMAI, Kenichi**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 服部 将志(**HATTORI, Masashi**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 恩田 陽介(**ONDA, Yosuke**);

(54) **Title:** GAS DETERMINATION DEVICE, GAS DETERMINATION METHOD, AND GAS DETERMINATION SYSTEM

(54) 発明の名称： ガス判定装置、ガス判定方法及びガス判定システム

［図1］



(57) **Abstract:** This gas determination method determines gas using a sensor having a field-effect transistor structure including: a gate electrode; an insulating film formed on the gate electrode; a source electrode and a drain electrode which are formed on the insulating film; and a graphene layer formed on the insulating film and connecting the source electrode and the drain electrode. The gas determination method comprises: supplying gas to the graphene layer; applying a first voltage to the gate electrode for a predetermined period of time; measuring a change in a first current flowing between the

WO 2021/040050 A1

［続葉有］

〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：大森 純一(OMORI, Junichi)；〒1070052 東京都港区赤坂７－５－４７ Ｕ＆Ｍ赤坂ビル２Ｆ Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

source electrode and the drain electrode when a sweep voltage is applied to the gate electrode, the sweep voltage varying in a range of between the first voltage and a second voltage differing from the first voltage; measuring a change in a second current flowing between the source electrode and the drain electrode when the second voltage is applied to the gate electrode for a predetermined period of time and the sweep voltage is applied to the gate electrode; and determining the type or the concentration of the gas on the basis of a result of the measurement of the change in the first current with respect to the sweep voltage and a result of the measurement of the change in the second current with respect to the sweep voltage.

(57) 要約：ガス判定方法は、ゲート電極と、ゲート電極上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、前記絶縁膜上に形成され前記ソース電極と前記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備えるセンサを用いたガス判定方法であって、グラフェン層にガスを供給し、ゲート電極に第１の電圧を所定時間印加し、ゲート電極に、第１の電圧と、第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときのソース電極とドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化を測定し、ゲート電極に第２の電圧を所定時間印加し、ゲート電極に掃引電圧を印加したときのソース電極とドレイン電極の間に流れる第２の電流の変化を測定し、掃引電圧に対する第１の電流の変化の測定結果と、掃引電圧に対する第２の電流の変化の測定結果に基づいて、ガスの種類又は濃度を判定する。

明　細　書

発明の名称 ： ガス判定装置、ガス判定方法及びガス判定システム

技術分野

[0001] 本発明は、ガス判定装置、ガス判定方法及びガス判定システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献１に記載されるセンサは、ゲート電極と、ゲート電極上に設けられた絶縁膜と、絶縁膜上に設けられたグラフェン膜と、第１の電極と、第２の電極とを有する、ＦＥＴ構造を有する。特許文献１に記載されるセンサでは、検出対象の測定前に、第１電極と第２電極間に一定電圧を印加し、ゲート電極のゲート電圧を増減し、電流値Ｉｄを測定する。その後、判定対象の測定中に同様の操作を行う。そして、測定前後における、電流値Ｉｄが最小となるゲート電圧Ｖｇの変化ΔＶｇを判定対象の判定評価に用いている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１８－１６３１４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ガスセンサにおいて、精度高くガスの種類を判定することが望まれている。

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、ガスの種類を判定することができるガス判定装置、ガス判定方法及びガス判定システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一形態に係るガス判定装置は、ゲート電極と、上記ゲート電極上に形成された絶縁膜と、上記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、上記絶縁膜上に形成され上記ソース電極と上記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備えるセ

ンサを用いたガス判定装置であって、制御部と、取得部と、判定部とを具備する。

上記制御部は、上記ゲート電極に印加する電圧を制御する。

上記取得部は、第１の電圧が印加された上記ゲート電極に、上記第１の電圧と上記第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの上記ソース電極と上記ドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化を取得し、上記第２の電圧が印加された上記ゲート電極に、上記第１の電圧と上記第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの上記ソース電極と上記ドレイン電極の間に流れる第２の電流の変化を取得する。

上記判定部は、上記掃引電圧に対する上記第１の電流の変化の測定結果と、上記掃引電圧に対する上記第２の電流の変化の測定結果に基づいて、上記グラフェン層に吸着されたガスの種類又は濃度を判定する。

[0006] 本発明の一形態に係るガス判定方法は、ゲート電極と、上記ゲート電極上に形成された絶縁膜と、上記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、上記絶縁膜上に形成され上記ソース電極と上記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備えるセンサを用いたガス判定方法であって、

上記グラフェン層にガスを供給し、

上記ゲート電極に第１の電圧を所定時間印加し、

上記ゲート電極に、上記第１の電圧と、上記第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの上記ソース電極と上記ドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化を測定し、

上記ゲート電極に前記第２の電圧を所定時間印加し、

上記ゲート電極に上記掃引電圧を印加したときの上記ソース電極と上記ドレイン電極の間に流れる第２の電流の変化を測定し、

上記掃引電圧に対する上記第１の電流の変化の測定結果と、上記掃引電圧に対する上記第２の電流の変化の測定結果に基づいて、上記ガスの種類又は

濃度を判定する。

[0007] 本発明のこのような構成によれば、第１の電圧又は第２の電圧をゲート電極に印加することによってグラフェン層が価電子帯又は伝導帯を有するようになり、グラフェン層にガスを引き付けることができる。そして、このようにグラフェン層にガスを引き付けた状態で、ゲート電極に掃引電圧を印加し、掃引電圧に対する、掃引電圧を印加したときに得られるソース電極とドレイン電極との間に流れる電流の変化の特性を、ガスの種類毎に固有のものとすることができる。従って、電流の変化の測定結果から精度良くガスの種類を判定することが可能となる。

[0008] 上記ガスの種類又は濃度を判定する判定ステップでは、上記第１の電流の変化において電流値が最小となるときの上記ゲート電極に印加された電圧値である第１のゲート電圧を決定し、上記第２の電流の変化において電流値が最小となるときの上記ゲート電極に印加された電圧値である第２のゲート電圧を決定し、上記第１のゲート電圧及び上記第２のゲート電圧に基づいて、上記ガスを判定してもよい。

[0009] 上記第１の電圧及び上記第２の電圧は、それぞれ、所定時間において一定の電圧であってもよい。

上記第１の電圧は負の電圧であり、上記第２の電圧は正の電圧であってもよい。

上記第１の電圧及び上記第２の電圧は、絶対値が等しい電圧であってもよい。

[0010] 上記グラフェン層に上記ガスを供給した後であって、上記第１の電圧の印加前に、上記グラフェン層に紫外線を一定時間照射することを更に有してもよい。

上記センサを加熱した状態で上記ゲート電極への電圧印加を行ってもよい。

[0011] 上記目的を達成するため、本発明の一形態に係るガス判定システムは、センサと、情報処理装置と、を具備する。

上記センサは、ゲート電極と、上記ゲート電極上に形成された絶縁膜と、上記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、上記絶縁膜上に形成され上記ソース電極と上記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備える。

上記情報処理装置は、上記センサの電極に印加する電圧を制御する制御部と、上記ソース電極と上記ドレイン電極との間に流れる電流の測定結果に基づいて上記グラフェン層に吸着するガスを判定する判定部と、を備える。

上記判定部は、上記グラフェン層にガスを供給した上記センサの上記ゲート電極に第１の電圧を所定時間印加した後、上記ゲート電極に、上記第１の電圧と、上記第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの上記ソース電極と上記ドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化の測定結果と、上記ゲート電極に上記第２の電圧を所定時間印加した後、上記ゲート電極に上記掃引電圧を印加したときの上記ソース電極と上記ドレイン電極の間に流れる第２の電流の変化の測定結果に基づいて、上記ガスの種類又は濃度を判定する。

発明の効果

[0012] 以上述べたように、本発明によれば、精度良くガスの種類又は濃度を判定することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態に係るガス判定システムの構成を示す模式図である。

[図2]上記ガス判定システムの一部を構成するガスセンサの構成を示す概略図である。

[図3]ゲート電極に第１の電圧及び第２の電圧を印加した場合のグラフェン層及びCO_2の状態を説明するグラフェン層１５付近の部分拡大模式図である。

[図4]ガスとしてCO_2を用いた場合の、グラフェン層の電荷状態を示す。

[図5]上記ガス判定システムにおける第１の電圧印加後及び第２の電圧印加後にゲート電極に掃引電圧を印加したときのソース電極とドレイン電極との間に流れる電流の変化を示すグラフである。

[図6]ガスとしてCO_2、C_6H_6、ＣＯ、NH_3、O_2それぞれを用いた時のＣＮＰＤの範囲におけるグラフェン層とガス分子間の電荷移動量を示す。

[図7]上記ガス判定システムを用いてガス濃度を振って、ガスとしてのアセトン及びアンモニアのＣＮＰＤの範囲を測定した結果を示すグラフである。

[図8]上記ガス判定システムにおけるガス判定のための概略手順を説明するフロー図である。

[図9]ガス判定方法を説明するフロー図である。

[図10]上記ガス判定システムのガスセンサにおける第１の電圧、第２の電圧、掃引電圧の信号波形を示す図である。

[図11]上記ガスセンサの実験結果を示す図である。

[図12]上記ガスセンサの他の構成例を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

［ガス判定システムの概要］

図１はガス判定システムの構成を示す模式図である。図２は、ガス判定システムの一部を構成するセンサ１０の構成を示す模式図である。

[0015] 図１に示すように、ガス判定システム１は、センサ装置２と、情報処理装置４と、表示装置５と、記憶部６と、を備える。

センサ装置２は、収容室２０と、センサ１０と、ＵＶ（紫外線）光源２３と、加熱部２６と、を備える。

[0016] 収容室２０は、センサ１０と、ＵＶ光源２３と、加熱部２６と、を収容する。収容室２０は、外部からガスを吸気する吸気口２１と、収容室２０内に導入されたガスを収容室２０から外部に排気する排気口２２とを有する。吸気口２１には収容室２０内へのガスの流入を調節するバルブ２４が設けられ、排気口２２には収容室２０内のガスの外部への流出を調節するバルブ２５が設けられている。

[0017] ＵＶ光源２３は、センサ１０に対して照射する紫外線（ＵＶ）を発する。後述するセンサ１０のグラフェン層にＵＶを照射することにより、グラフェ

ン層のクリーニングが行われる。

加熱部２６は、例えばヒータであり、センサ１０を加熱する。

[0018] 図２に示すように、センサ１０は、ゲート電極１３と、絶縁膜１４と、ソース電極１１と、ドレイン電極１２と、グラフェン層１５と、を有する。

ゲート電極１３は、高ドープの導電性シリコンからなる。ゲート電極１３は、例えば表面がシリコン酸化膜で絶縁処理されたＳｉ基板（図示略）の表面全域を被覆するように形成される。

絶縁膜１４は、ゲート電極１３上に形成される。絶縁膜１４は、例えばSiO_2から構成される。

グラフェン層１５は、絶縁膜１４上に、例えば平面視で矩形にパターン形成され、絶縁膜１４を介してゲート電極１３と対向配置される。グラフェン層１５は、ゲート電極１３の表面の領域内に、絶縁膜１４を挟んでゲート電極１３と重なるように配置される。グラフェン層１５は、図２において左右方向に長手の矩形状に形成される。本実施形態では、グラフェン層は単層で構成される。グラフェン層１５は、ソース電極１１とドレイン電極１２との間を接続し、ソース電極１１及びドレイン電極１２に挟まれた領域で、ガスを吸着する。

ソース電極１１及びドレイン電極１２は、グラフェン層１５と電気的に接続される。ソース電極１１及びドレイン電極１２は、絶縁膜１４上に、グラフェン層１５の長手方向の両端部を被覆するように積層される。ソース電極１１及びドレイン電極１２は例えばＣｒ膜とＡｕ膜の積層構造で構成される。ソース電極１１及びドレイン電極１２は、グラフェン層１５を介して図２において左右方向に対向配置される。

なお、ゲート電極１３と接続されるゲート取り出し電極は、前記絶縁膜１４に形成されたコンタクト孔を介して、絶縁膜１４の上に形成される。ゲート電極１３自体を金属板にすれば、シリコン基板およびその上の絶縁膜は、省略でき、ゲート電極をその裏面より引き出すことができる。

[0019] 情報処理装置４は、ガス判定装置として構成され、取得部４１と、判定部

４２と、出力部４３と、制御部４４と、を備える。

図２に示すように、取得部４１は、ソース電極とドレイン電極との間に流れる電流の変化情報を取得する。以下、ソース電極とドレイン電極との間を流れる電流をドレイン電流と称する場合がある。

図１に戻って、判定部４２は、取得部４１で取得される電流変化情報を用いて、ガスの種類を判定する。具体的には、情報処理装置４は、予め異なる種類の複数のガス毎の電流変化情報を取得し、記憶部６に記憶しておく。判定部４２は記憶部６に記憶されている電流変化情報を参照して、センサ１０で検知したガスの種類を識別し判定する。また、判定部４２により、ガス濃度を判定することもできる。詳細については、後述する。

出力部４３は、取得部４１で取得される電流変化情報、判定部４２により判定されたガスの種類や濃度といった判定結果を表示装置５へ出力する。

図２に示すように、制御部４４は、センサ１０のゲート電極１３に印加する電圧を制御する。

[0020] 表示装置５は表示部を有し、情報処理装置４から出力されたガスの種類や濃度等を表示部に表示する。ユーザは、表示部を確認することによりガス判定結果を把握することができる。

記憶部６は、ガス判定システム１で検出された異なる種類の複数の既知のガス毎の電流変化情報を予め取得し、参照データとして記憶する。記憶部６は、情報処理装置４が通信可能なクラウドサーバ上にあってもよいし、情報処理装置４が備えていてもよい。

[0021] （センサの詳細）

センサ１０はグラフェン層１５をチャネルとした電界効果トランジスタである。

図３（Ａ）、（Ｂ）は、ゲート電極１３に印加する電圧によって状態変化するグラフェン層１５及びグラフェン層１５に吸着するガスの一例としてのCO_2の電荷状態を説明するグラフェン層１５付近の部分拡大模式図である。

[0022] 図３（Ａ）は、ゲート電極１３に第１の電圧としての第１のチューニング

電圧V_{T1}を所定時間印加したときを示す。本実施形態では、第１のチューニング電圧V_{T1}は、所定時間において一定の電圧であり、－４０Ｖである。第１のチューニング電圧V_{T1}の値は－４０Ｖに限定されることはなく、第１のチューニング電圧V_{T1}を印加することによって、グラフェン層１５に負電荷が供給され、グラフェン層１５が価電子帯を有するような電圧値であればよい。

図３（Ｂ）は、ゲート電極１３に第２の電圧としての第２のチューニング電圧V_{T2}を所定時間印加したときを示す。本実施形態では、第２のチューニング電圧は所定時間において一定の電圧であり、４０Ｖである。第２のチューニング電圧V_{T2}の値は４０Ｖに限定されることはなく、第２のチューニング電圧V_{T2}を印加することによって、グラフェン層１５に正電荷が供給され、グラフェン層１５が伝導帯を有するような電圧値であればよい。

尚、本実施形態では、第１及び第２のチューニング電圧を一定電圧とし、図１０に示すように矩形波状に電圧が変化する例をあげたが、これに限定されない。例えば、電圧の立ち上がりや立下りがなまる、電圧値が若干勾配して変化するなど、所定時間内で電圧値が若干変動してもよく、印加によりグラフェン層１５が価電子帯又は伝導帯を有するような電圧値であればよい。

[0023] 第１のチューニング電圧印加時のグラフェン層１５と第２のチューニング電圧印加時のグラフェン層１５は、いずれもガスを引き付ける。図３に示すように、第１のチューニング電圧印加時と第２のチューニング電圧印加時とでは、グラフェン層１５に吸着するガス分子、ここではCO_2分子は、グラフェン層１５との距離や結合角といった結合状態が異なっている。これにより、第１のチューニング電圧V_{T1}印加時ではCO_2はドナーとして機能する。第２のチューニング電圧V_{T2}印加時ではCO_2はアクセプタとして機能する。

[0024] グラフェン層にガスを供給した場合、ゲート電極に電圧を印加していない状態では、グラフェン層には自然に吸着したガス分子が存在するものの、その数は非常に少ないと考えられる。

これに対して、本実施形態では、第１のチューニング電圧、第２のチュー

ニング電圧をゲート電極に印加することで、グラフェン層の近傍に来たガス分子は、図３上、矢印で示された電界によってグラフェン層表面に導かれ、ガス吸着が加速される。

更に、本実施形態では、図３に示すように、第１のチューニング電圧及び第２のチューニング電圧をそれぞれ印加することにより、グラフェン層表面近傍の電界の向きを異ならせ、グラフェン層へのガス分子の結合状態を変化させることができる。

[0025] 好ましい第１のチューニング電圧V_{T1}及び第２のチューニング電圧V_{T2}の値は、絶縁膜１４の厚みによって適宜設定することができる。本実施形態では２８５nmの厚みの絶縁膜１４を用いており、この場合、グラフェン層１５が価電子帯（伝導帯）を有するようにするために－４０Ｖ（４０Ｖ）程度の電圧が必要である。

また、グラフェン層１５が価電子帯と伝導帯の間を切り替わるのを確認するために、第１のチューニング電圧V_{T1}及び第２のチューニング電圧V_{T2}は、負側、正側の両側で電圧を振ることが好ましい。更に、負側、正側の電圧の絶対値が同じとなるように電圧を振ることがより好ましい。

また、第１のチューニング電圧V_{T1}及び第２のチューニング電圧V_{T2}それぞれの印加時間は数秒～数分である。

[0026] 図４は、ガスとしてCO_2を用いたときの、ソース電極１１とゲート電極１３との間の電界の変化によるグラフェン層１５の電荷状態の変化を示すグラフである。CO_2分子とグラフェン間には電荷移動が生じ、ゲート電極１３に印加する電圧を第１のチューニング電圧V_{T1}とするか第２のチューニング電圧V_{T2}とするかで、CO_2がドナーとなるかアクセプタとなるかが決まる。

[0027] 図５は、ガス判定システム１において、第１のチューニング電圧V_{T1}を所定時間印加後にゲート電極１３に掃引電圧を印加したとき、及び、第２のチューニング電圧V_{T2}を所定時間印加後にゲート電極１３に掃引電圧を印加したときのソース電極１１とドレイン電極１２との間に流れる電流の変化を示すグラフである。

ゲート電極１３に印加される電圧は、制御部４４によって制御される。

掃引電圧は、第１のチューニング電圧と、第１のチューニング電圧とは異なる第２のチューニング電圧との範囲で電圧が増減して変化する。本実施形態では、１分程度で－４０Ｖから４０Ｖにリニアに電圧が変化する掃引電圧を用いており、掃引電圧は正負両側に変化する電圧となっている。

[0028] 本実施形態では、ガスが供給されたセンサ１０のゲート電極１３に第１のチューニング電圧V_{T1}を所定時間印加した後、ゲート電極１３に掃引電圧を印加しながらドレイン電流I_d（第１の電流I_{d1}と称する。）を測定する。

図５に示す実線の曲線５１は、第１の電流I_{d1}の変化特性を示す。得られる曲線５１において、第１の電流I_{d1}が最小値となるときの点を第１の電荷中性点３１と称する。第１の電流I_{d1}が最小値となるときのゲート電圧値を第１のゲート電圧と称する。

上述したように、第１のチューニング電圧V_{T1}をゲート電極１３に印加することにより、グラフェン層１５は価電子帯を有する。これにより、ガスはグラフェン層１５に十分引き付けられ、ガスはドナーとなる。

[0029] 更に、本実施形態では、ガスが供給されたセンサ１０のゲート電極１３に第２のチューニング電圧V_{T2}を所定時間印加した後、ゲート電極１３に掃引電圧を印加しながらドレイン電流I_d（第２の電流I_{d2}と称する。）を測定する。

図５に示す線長が長い破線の曲線５２は、第２の電流I_{d2}の変化特性を示す。得られる曲線５２において、第２の電流I_{d2}が最小値となるときの点を第２の電荷中性点３２と称する。第２の電流I_{d2}が最小値となるときのゲート電圧値を第２のゲート電圧と称する。

[0030] 図５において、線長が短い破線の曲線５０は、曲線５１と曲線５２との横軸方向における中心に位置する曲線である。曲線５０における電流I_dが最小値となるときの点を中心点３０とする。

[0031] 図５に示すように、掃引電圧（ゲート電圧Ｖｇ）に対する第２の電流I_{d2}の特性を示す曲線５２は、掃引電圧（ゲート電圧Ｖｇ）に対する第１の電流

I_{d1}の特性を示す曲線５１を横軸方向に移動させた形状にほぼ一致する。

図５において、V_{CNP}は電荷中性点（Charge neutrality point）をとるときのゲート電圧値を示し、ΔV_{CNP}は第１のゲート電圧と第２のゲート電圧との差分を示す。

[0032] 発明者らは、第１の電荷中性点３１における第１のゲート電圧と第２の電荷中性点３２における第２のゲート電圧がグラフェン層１５に吸着するガスの種類毎に固有となり、第１のゲート電圧から第２のゲート電圧までの範囲を示すバンドが、ガスの種類毎に異なることを見出した。これは、グラフェン層に引き寄せられてアクセプタ又はドナーとして機能するガスとグラフェン層との結合状態がガスの種類毎に異なるためと考えられる。

[0033] 図６は、ガスの種類によって第１のゲート電圧から第２のゲート電圧までの範囲を示すバンドが異なることを示す図である。図６では、CO_2（二酸化炭素）、C_6H_6（ベンゼン）、ＣＯ（一酸化炭素）、NH_3（アンモニア）、O_2（酸素）の計５種類のガスそれぞれにおけるバンドが示されている。図６では、ＣＮＰＤ（Charge Neutrality Point Disparity:図５における$|\Delta V_{CNP}|$である）の範囲におけるグラフェン層の電荷状態を示す。ＣＮＰＤは第１の電荷中性点３１と第２の電荷中性点３２の差を示し、バンドに対応する。

[0034] 図６において、縦方向に延びる帯状体は、第１のゲート電圧から第２のゲート電圧までの範囲を示すバンドを示す。帯状体の上部が第２の電荷中性点３２における第２のゲート電圧に対応し、下部が第１の電荷中性点３１における第１のゲート電圧に対応する。中心点３０は縦方向に延びるバンドの中心に位置する。各バンドにおいて、中心点３０より上半分はガスがアクセプタとなる範囲を示し、下半分はガスがドナーとなる範囲を示す。

[0035] 図６に示すように、ガスの種類によって、第１のゲート電圧と第２のゲート電圧は異なり、バンド幅及びバンドの範囲が異なっている。従って、このバンドデータを用いることによってガスの種類を判定することができる。

例えば、本実施形態では、複数の既知のガスのバンドデータを予め取得して記憶部６に格納しておく。そして、記憶部６に格納されているデータを参

照することにより、未知のガスで求めたバンドデータからガスの種類を判定することができる。

このように、－４０Ｖ及び４０Ｖの２値のチューニング電圧印加後の掃引電圧に対応するドレイン電流の変化特性をデータとして取得することにより、ガスの種類の判定が可能となる。

[0036] 更に、発明者らは、ガスの濃度の変化に応じて第１のゲート電圧から第２のゲート電圧の範囲を示すバンドがほぼリニアに変化することを見出した。

図７は、ガスの濃度を振って、第１のチューニング電圧印加後に掃引電圧を印加して得られる第１の電荷中性点３１における第１のゲート電圧と、第２のチューニング電圧印加後に掃引電圧を印加して得られる第２の電荷中性点３２における第２のゲート電圧を測定した結果を示す図である。図中、棒グラフは中心点３０におけるゲート電圧値を示す。縦方向に延びる直線は、第１のゲート電圧から第２のゲート電圧までのバンドを示す。

図７（Ａ）はガスとしてアセトンを用いた場合、図７（Ｂ）はアンモニアを用いた場合を示し、１～２００ｐｐｍの範囲で濃度を振った結果を示す。

[0037] 図７に示すように、判定対象のガスの濃度に応じて第１のゲート電圧から第２のゲート電圧までの範囲を示すバンドはほぼリニアに変化しており、バンドを用いたガス濃度の判定が可能となる。

例えば、本実施形態では、濃度の異なる既知のガスのバンドのデータを予め取得し記憶部６に格納しておく。そして、記憶部６のデータを参照することにより、未知のガスで求めたバンドのデータからガスの濃度を判定することができる。

[0038] ［ガス判定方法］

図８～図１０を用いて、ガス判定システム１におけるガス判定方法について説明する。

図８は、ガス判定システム１におけるガス判定のための概略手順を説明するフロー図である。

図９は、情報処理装置４４におけるガス判定方法を説明するフロー図であ

る。

図１０は、ゲート電極に印加する第１のチューニング電圧V_{T1}、第２のチューニング電圧V_{T2}、掃引電圧の信号波形を示す図である。図１０に示すように、第１のチューニング電圧V_{T1}及び第２のチューニング電圧V_{T2}は、時間に対してステップ関数となっている。

[0039] まず、図８に示すように、収容室２０内にガスが供給される（Ｓ１）。収容室２０内は常圧となっている。収容室２０内の雰囲気ガスは、大気（空気）でもよいし、アンモニアガスでもよい。

[0040] なお、収容室２０内は常圧に限られず、減圧雰囲気であってもよい。この場合、収容室２０を排気口２２から排気し、収容室２０内が所定の圧力（数ｍＴｏｒｒ）に達した後、ガスが供給される。

収容室２０内を減圧雰囲気にすることで、吸着ガスが脱離するため、大気圧雰囲気と比較して、ガス供給前におけるセンサ１０の電荷中性点（ＣＮＰ）が０付近に近づく。電荷中性点が０にならない場合、加熱部２６によりセンサ１０を加熱して脱ガス処理を行ってもよい。

[0041] 次に、ＵＶ光源２３からＵＶがセンサ１０及び収容室２０内に向かって１分間照射される（Ｓ２）。

ＵＶ照射を行うことによりガスが効率よくグラフェン層に吸着される。これは、ＵＶ照射することにより、グラフェン層の表面からO_2、H_2O等が除去される（クリーニング効果）とともに、グラフェン層の表面上でのガス分子の吸着と光励起脱着との間の動的平衡が導かれてグラフェン層のガスの有効利用な吸着サイトが増加するため、及び、吸着分子の状態変化（イオン化など）により吸着が加速されるため、と考えられる。

[0042] 次に、加熱部２６によりセンサ１０が加熱される（Ｓ３）。加熱温度は、好ましくは９５℃以上である。本実施形態では、センサ１０は１１０℃の加熱温度に加熱される。

ＵＶ照射及び加熱を行うことにより、第１のチューニング電圧V_{T1}印加後に掃引電圧を印加して得られる、掃引電圧に対する第１の電流I_{d1}の変化を

示す曲線５１と、第２のチューニング電圧V_{T2}印加後に掃引電圧を印加して得られる、掃引電圧に対する第２の電流I_{d2}の変化を示す曲線５２とがより明確に識別可能となる。詳細については後述する。

[0043] 次に、ガス判定が行われる（Ｓ４）。ガス判定の詳細について図９及び図１０を用いて以下説明する。

[0044] ソース電極１１とドレイン電極１２との間に５～１０ｍＶの電圧が印加された状態からガス判定が開始される。各電極に印加される電圧値は制御部４４からの制御信号に基づいて制御される。

ソース電極１１とドレイン電極１２との間に印加する電圧は、出力の線形領域を用いる。ソース電極１１とドレイン電極１２との間に印加する電圧は高すぎても低すぎてもノイズが発生するため、ノイズの発生が抑制される５～１０ｍＶとすることが好ましい。

[0045] 図９及び図１０に示すように、ガス判定が開始されると、ゲート電極１３に第１のチューニング電圧V_{T1}が所定時間印加される（Ｓ４１）。本実施形態では、－４０Ｖの第１のチューニング電圧V_{T1}が数秒～数分印加される。

これにより、グラフェン層１５は価電子帯を有し、ガスはグラフェン層１５に十分に引き付けられ、ガスはドナーとして機能する。

第１のチューニング電圧V_{T1}の印加時間は、絶縁膜１４の厚み等によって適宜設定される。本実施形態においては、好ましくは５ｓ（秒）以上、更に好ましくは３０ｓ以上、そして、好ましくは１２０ｓ以下、更に好ましくは６０ｓ以下であり、グラフェン層１５が価電子帯を有するのに十分な時間であればよい。また、印加時間は、センサ１０の加熱温度等によって適宜好ましい値を設定することができる。

[0046] 次に、第１のチューニング電圧V_{T1}が印加されたゲート電極１３に掃引電圧が印加され、掃引電圧印加中のソース電極１１とドレイン電極１２との間に流れる第１の電流I_{d1}が測定される（Ｓ４２）。本実施形態では、分解能５０ｍＶ～１００ｍＶ、レンジ８０Ｖ、掃引時間１分で電圧の掃引を行う。図１０に示すように、－４０Ｖから４０Ｖというように負から正へ徐々にゲ

ート電圧を変化させている。尚、４０Ｖから－４０Ｖというように徐々に正から負へとゲート電圧を変化させてもよい。

掃引電圧に対する第１の電流I_{d1}の測定結果は取得部４１により取得される。

[0047] 次に、取得部４１により取得された測定結果に基づき、判定部４２により、第１の電流I_{d1}が最小値となるときのゲート電圧値である第１のゲート電圧が決定される（Ｓ４３）。

[0048] 次に、ゲート電極１３に第２のチューニング電圧V_{T2}が所定時間印加される（Ｓ４４）。本実施形態では、＋４０Ｖの第２のチューニング電圧V_{T2}が数秒～数分印加される。

これにより、グラフェン層１５は伝導帯を有し、ガスはグラフェン層１５に十分に引き付けられ、ガスはアクセプタとして機能する。第２のチューニング電圧印加後のグラフェン層１５とガスとの結合状態は、第１のチューニング電圧印加後のグラフェン層１５とガスとの結合状態と異なっている。

第２のチューニング電圧V_{T2}の印加時間は、絶縁膜１４の厚み等によって適宜設定される。本実施形態においては、好ましくは５ｓ（秒）以上、更に好ましくは３０ｓ以上、そして、好ましくは１２０ｓ以下、更に好ましくは６０ｓ以下であり、グラフェン層１５が伝導帯を有するのに十分な時間であればよい。また、印加時間は、センサ１０の加熱温度等によって適宜好ましい値を設定することができる。

[0049] 次に、第２のチューニング電圧V_{T2}が印加されたゲート電極１３に掃引電圧が印加され、掃引電圧印加中のソース電極１１とドレイン電極１２との間に流れる第２の電流I_{d2}が測定される（Ｓ４５）。本実施形態では、分解能５０ｍＶ～１００ｍＶ、レンジ８０Ｖ、掃引時間１分で電圧の掃引を行った。図１０に示すように、－４０Ｖから４０Ｖというように負から正へ徐々にゲート電圧を変化させている。尚、４０Ｖから－４０Ｖというように徐々に正から負へゲート電圧を変化させてもよい。

掃引電圧に対する第２の電流I_{d2}の測定結果は取得部４１により取得され

る。

[0050] 次に、取得部４１により取得された測定結果に基づき、判定部４２により、第２の電流I_{d2}が最小値となるときのゲート電圧値である第２のゲート電圧が決定される（Ｓ４６）。

[0051] 次に、判定部４２により、Ｓ４３及びＳ４６で決定された第１のゲート電圧及び第２のゲート電圧に基づいて、記憶部６に記憶されているデータを参照して、ガスの種類及び濃度が判定される（Ｓ４７）。尚、ここでは、ガスの種類と濃度の双方を判定する例をあげたが、いずれか一方であってもよい。

[0052] Ｓ４３、Ｓ４６、Ｓ４７が、第１の電流I_{d1}と第２の電流I_{d2}の測定結果に基づいてガスを判定するガス判定ステップに相当する。

本実施形態では、Ｓ４２の第１の電流I_{d1}の測定後に、第１の電流I_{d1}が最小値となる第１のゲート電圧V_{g1}を決定するステップを設けているが、このステップを、Ｓ４６の第２の電流I_{d2}が最小値となる第２のゲート電圧V_{g2}を決定するステップのときに行ってもよい。

[0053] 本実施形態では、ＵＶ照射及び加熱を行うことにより、掃引電圧に対する第１の電流I_{d1}の変化を示す曲線群５１０と、掃引電圧に対する第２の電流I_{d2}の変化を示す曲線群５２０とがより明確に識別可能なデータが得られる。これにより、より精度の高いガス判定が可能となる。

[0054] 図１１は、第１のチューニング電圧印加、掃引電圧を印加しながら第１の電流I_{d1}を測定、第２のチューニング電圧印加、掃引電圧を印加しながら第２の電流I_{d2}を測定、という一連の工程を５回繰り返したときの、掃引電圧に対する第１の電流I_{d1}の変化と、掃引電圧に対する第２の電流I_{d2}の変化を測定した結果を示す。

[0055] 図１１において、実線は、第１のチューニング電圧印加後にゲート電極に掃引電圧を印加した際に得られるドレイン電流（第１の電流）とゲート電圧との特性を示す曲線群５１０である。破線は、第２のチューニング電圧印加後にゲート電極に掃引電圧を印加した際に得られるドレイン電流（第２の電

流）とゲート電圧との特性を示す曲線群５２０である。

[0056] 図１１（Ａ）はＵＶ光未照射、加熱なしでガス判定を行った場合の掃引電圧に対するソース電極とドレイン電極との間に流れる電流の変化特性を示す実験結果である。

図１１（Ｂ）はＵＶ光照射、加熱なしでガス判定を行った場合の掃引電圧に対するソース電極とドレイン電極との間に流れる電流の変化特性を示す実験結果である。

図１１（Ｃ）はＵＶ光照射、加熱ありでガス判定を行った場合の掃引電圧に対するソース電極とドレイン電極との間に流れる電流の変化特性を示す実験結果である。

[0057] 図１１（Ａ）に示すように、破線で示される曲線群５２０は、実線で示される曲線群５１０が図面上は横軸方向に沿って右側に移動した形にほぼなっている。それぞれの曲線におけるドレイン電流I_dが最小値となるときの第１のゲート電圧と第２のゲート電圧との差分をとることができる。

[0058] 図１１（Ｂ）に示すように、破線で示される曲線群５２０は、実線で示される曲線群５１０が図面上は横軸方向に沿って右側に移動する。それぞれの曲線におけるドレイン電流I_dが最小値となるときの第１のゲート電圧と第２のゲート電圧との差分をとることができる。

[0059] 図１１（Ｃ）に示すように、破線で示される曲線群５２０は、実線で示される曲線群５１０が図面上は横軸方向に沿って右側に移動するとともに、縦軸方向に沿って下方向に移動する形になっており、曲線群５１０と曲線群５２０とは明確に識別が可能となっている。

[0060] このように、図１１（Ａ）～（Ｃ）のいずれの図面においても、第１のチューニング電圧印加後にゲート電極に掃引電圧を印加した際に得られるドレイン電流とゲート電圧との特性を示す曲線群５１０と第２のチューニング電圧印加後にゲート電極に掃引電圧を印加した際に得られるドレイン電流とゲート電圧との特性を示す曲線群５２０とは横軸方向にずれた形状となっており、第１のゲート電圧及び第２のゲート電圧によってガスの種類の判定が可

能となる。

そして、図１１（Ｃ）に示すように、ＵＶ照射及び加熱をすることにより、更に第１のゲート電圧と第２のゲート電圧の横軸方向における差分を大きくとることができ、第１のゲート電圧から第２のゲート電圧までの範囲を示すバンドをより明瞭なものとすることができる。これにより、ガスの種類の判定精度をより向上させることができる。

[0061] 以上のように、本発明のガス判定方法では、グラフェンをチャネルとした電界効果トランジスタ構造を有するガスセンサを用いて精度高くガスの種類又は濃度を判定することができる。また、小型のガスセンサとすることができるので、センサ装置２を小型化することができる。

[0062] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

[0063] 例えば、上述の実施形態においては、第１及び第２のチューニング電圧と掃引電圧が印加されるゲート電極は共通のゲート電極であったが、これに限定されない。第１及び第２のチューニング電圧を印加するゲート電極とは別に掃引電圧が印加されるゲート電極が設けられてもよく、双方のゲート電極が、絶縁膜を介してグラフェン層に対向して配置されていればよい。

[0064] また、上述の実施形態においては、チューニング電圧（固定電圧）を第１のチューニング電圧と第２のチューニング電圧の２値としたが、少なくとも２値あればよく、３値以上であってもよい。３値以上とすることにより、ガスの情報が増加し、より精度の高いガス判定が可能となる。

[0065] また、上述の実施形態においては、負（上述の実施形態では－４０Ｖ）の第１のチューニング電圧、掃引電圧、正（上述の実施形態では４０Ｖ）の第２のチューニング電圧、掃引電圧の順にゲート電極に電圧が印加される例をあげたが、正の第２のチューニング電圧、掃引電圧、負の第１のチューニング電圧、掃引電圧の順にゲート電極に電圧が印加されてもよい。

[0066] さらに、センサ１０は、例えば図１２に示すように構成されてもよい。図

１２に示すセンサ１０は、ソース電極１１およびドレイン電極１２がグラフェン層１５の端部を被覆する第１の領域１１１，１２１と、第１の領域１１１，１２１よりも厚みの大きい第２の領域１１２，１２２とをそれぞれ有する。

グラフェン層１５の両端部は、ゲート電極１３上の絶縁膜１４とソース電極１１の第１の領域１１１との間、および、絶縁膜１４とドレイン電極１２の第１の領域１２１との間にそれぞれ埋め込まれるように配置される。ソース電極１１の第１の領域１１１とドレイン電極１２の第１の領域１２１との間の対向距離Ｌは、例えば、２００ｎｍである。この場合、厚みの小さい第１の領域１１１，１２１でグラフェン層１５の両端部を被覆するようにソース電極１１およびドレイン電極１２をそれぞれ形成することによって、ソース電極１１とドレイン電極１２との間の寸法管理が容易となり、これにより両電極１１，１２間に位置するグラフェン層１５の寸法精度を向上させることができる。

符号の説明

[0067] １…ガス判定システム

４…情報処理装置（ガス判定装置）

１０…センサ

１１…ソース電極

１２…ドレイン電極

１３…ゲート電極

１４…絶縁膜

１５…グラフェン層

４２…判定部

４４…制御部

請求の範囲

[請求項1] ゲート電極と、前記ゲート電極上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、前記絶縁膜上に形成され前記ソース電極と前記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備えるセンサを用いたガス判定装置であって、

前記ゲート電極に印加する電圧を制御する制御部と、

第１の電圧が印加された前記ゲート電極に、前記第１の電圧と前記第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの前記ソース電極と前記ドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化を取得し、前記第２の電圧が印加された前記ゲート電極に、前記第１の電圧と前記第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの前記ソース電極と前記ドレイン電極の間に流れる第２の電流の変化を取得する取得部と、

前記掃引電圧に対する前記第１の電流の変化の測定結果と、前記掃引電圧に対する前記第２の電流の変化の測定結果に基づいて、前記グラフェン層に吸着されたガスの種類又は濃度を判定する判定部と

を具備するガス判定装置。

[請求項2] 請求項１に記載のガス判定装置であって、

前記判定部は、

前記第１の電流の変化において電流値が最小となるときの前記ゲート電極に印加された電圧値である第１のゲート電圧を決定し、

前記第２の電流の変化において電流値が最小となるときの前記ゲート電極に印加された電圧値である第２のゲート電圧を決定し、

前記第１のゲート電圧及び前記第２のゲート電圧に基づいて、前記ガスを判定する

ガス判定装置。

[請求項3] 請求項１又は請求項２に記載のガス判定装置であって、

前記制御部は、前記第１の電圧及び前記第２の電圧として、それぞれ、所定時間において一定の電圧を前記ゲート電極に印加する

ガス判定装置。

[請求項4] 請求項１～請求項３のいずれか１つに記載のガス判定装置であって、

前記制御部は、前記第１の電圧として負の電圧を前記ゲート電極に印加し、前記第２の電圧として正の電圧を前記ゲート電極に印加する

ガス判定装置。

[請求項5] 請求項４に記載のガス判定装置であって、

前記制御部は、前記第１の電圧及び前記第２の電圧として、絶対値が等しい電圧を前記ゲート電極に印加する

ガス判定装置。

[請求項6] 請求項１～請求項５のいずれか１項に記載のガス判定装置であって、

前記取得部で取得された電流変化情報および前記判定部で判定されたガスの種類又は濃度に関する情報を表示装置へ出力する出力部をさらに具備する

ガス判定装置。

[請求項7] ゲート電極と、前記ゲート電極上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、前記絶縁膜上に形成され前記ソース電極と前記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備えるセンサを用いたガス判定方法であって、

前記グラフェン層にガスを供給し、

前記ゲート電極に第１の電圧を所定時間印加し、

前記ゲート電極に、前記第１の電圧と、前記第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの前記ソース電極と前記ドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化を測定

し、

前記ゲート電極に前記第２の電圧を所定時間印加し、

前記ゲート電極に前記第１の電圧と前記第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの前記ソース電極と前記ドレイン電極の間に流れる第２の電流の変化を測定し、

前記掃引電圧に対する前記第１の電流の変化の測定結果と、前記掃引電圧に対する前記第２の電流の変化の測定結果に基づいて、前記ガスの種類又は濃度を判定する

ガス判定方法。

[請求項8] 請求項７に記載のガス判定方法であって、

前記ガスの種類又は濃度を判定する判定ステップでは、

前記第１の電流の変化において電流値が最小となるときの前記ゲート電極に印加された電圧値である第１のゲート電圧を決定し、

前記第２の電流の変化において電流値が最小となるときの前記ゲート電極に印加された電圧値である第２のゲート電圧を決定し、

前記第１のゲート電圧及び前記第２のゲート電圧に基づいて、前記ガスを判定する

ガス判定方法。

[請求項9] 請求項７又は請求項８に記載のガス判定方法であって、

前記第１の電圧及び前記第２の電圧は、それぞれ、所定時間において一定の電圧である

ガス判定方法。

[請求項10] 請求項７～請求項９のいずれか１項に記載のガス判定方法であって、

前記第１の電圧は負の電圧であり、前記第２の電圧は正の電圧である

ガス判定方法。

[請求項11] 請求項１０に記載のガス判定方法であって、

前記第１の電圧及び前記第２の電圧は、絶対値が等しい電圧である

ガス判定方法。

[請求項12] 請求項７～請求項１１のいずれか１項に記載のガス判定方法であって、

前記グラフェン層に前記ガスを供給した後であって、前記第１の電圧の印加前に、前記グラフェン層に紫外線を一定時間照射することを更に有する

ガス判定方法。

[請求項13] 請求項７～請求項１２のいずれか１項に記載のガス判定方法であって、

前記センサを加熱した状態で前記ゲート電極への電圧印加を行う

ガス判定方法。

[請求項14] ゲート電極と、前記ゲート電極上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、前記絶縁膜上に形成され前記ソース電極と前記ドレイン電極との間を接続するグラフェン層と、を有する電界効果トランジスタ構造を備えるセンサと、

前記センサの電極に印加する電圧を制御する制御部と、前記ソース電極と前記ドレイン電極との間に流れる電流の測定結果に基づいて前記グラフェン層に吸着するガスを判定する判定部と、を備える情報処理装置と

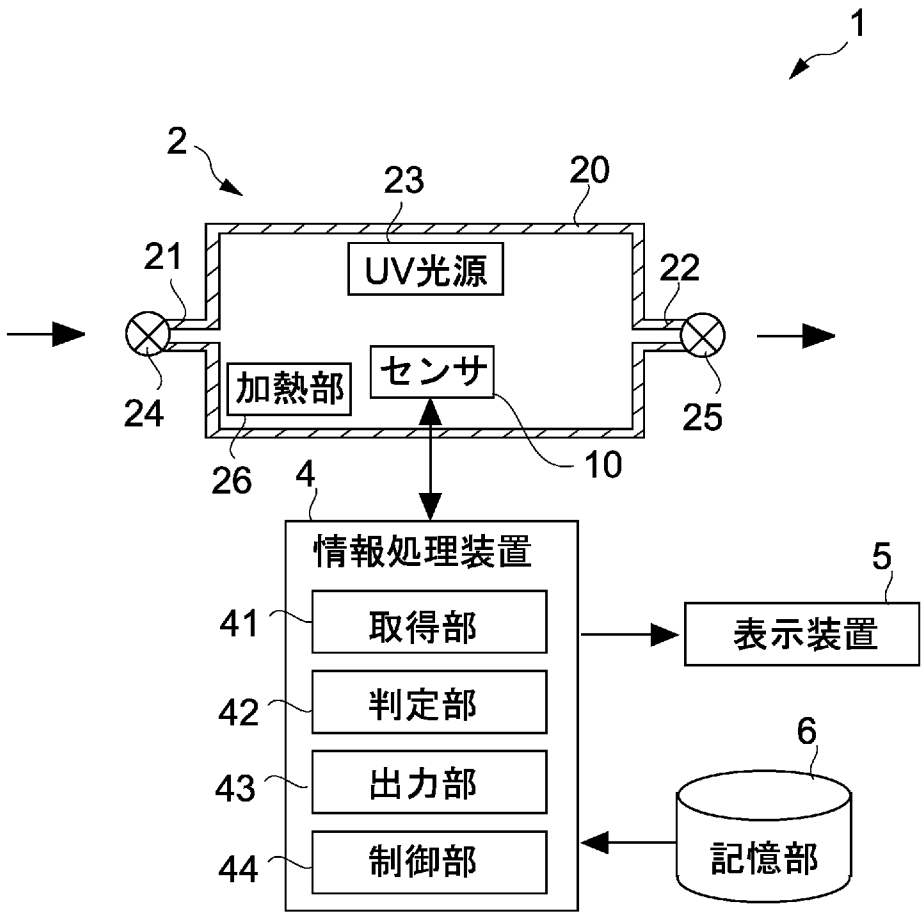
を具備するガス判定システムであって、

前記判定部は、前記グラフェン層にガスを供給した前記センサの前記ゲート電極に第１の電圧を所定時間印加した後、前記ゲート電極に、前記第１の電圧と、前記第１の電圧とは異なる第２の電圧との範囲で電圧が変化する掃引電圧を印加したときの前記ソース電極と前記ドレイン電極の間に流れる第１の電流の変化の測定結果と、前記ゲート電極に前記第２の電圧を所定時間印加した後、前記ゲート電極に前記掃引電圧を印加したときの前記ソース電極と前記ドレイン電極の間に

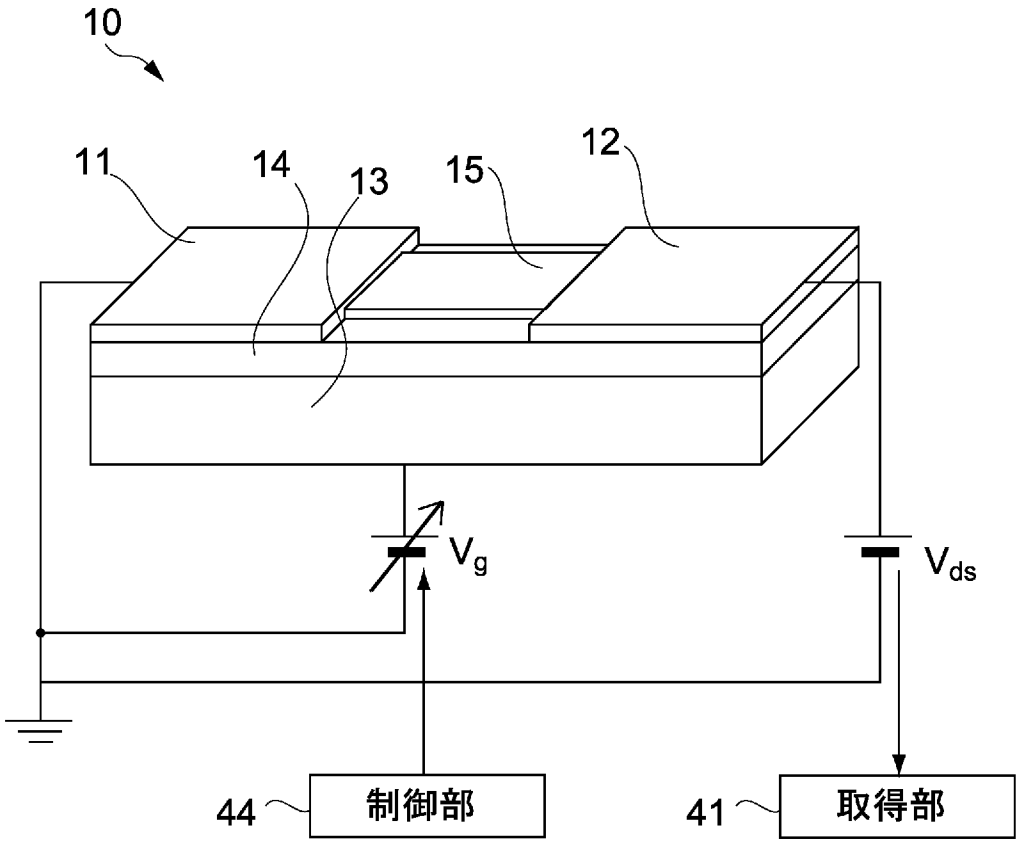
流れる第２の電流の変化の測定結果に基づいて、前記ガスの種類又は濃度を判定する

ガス判定システム。

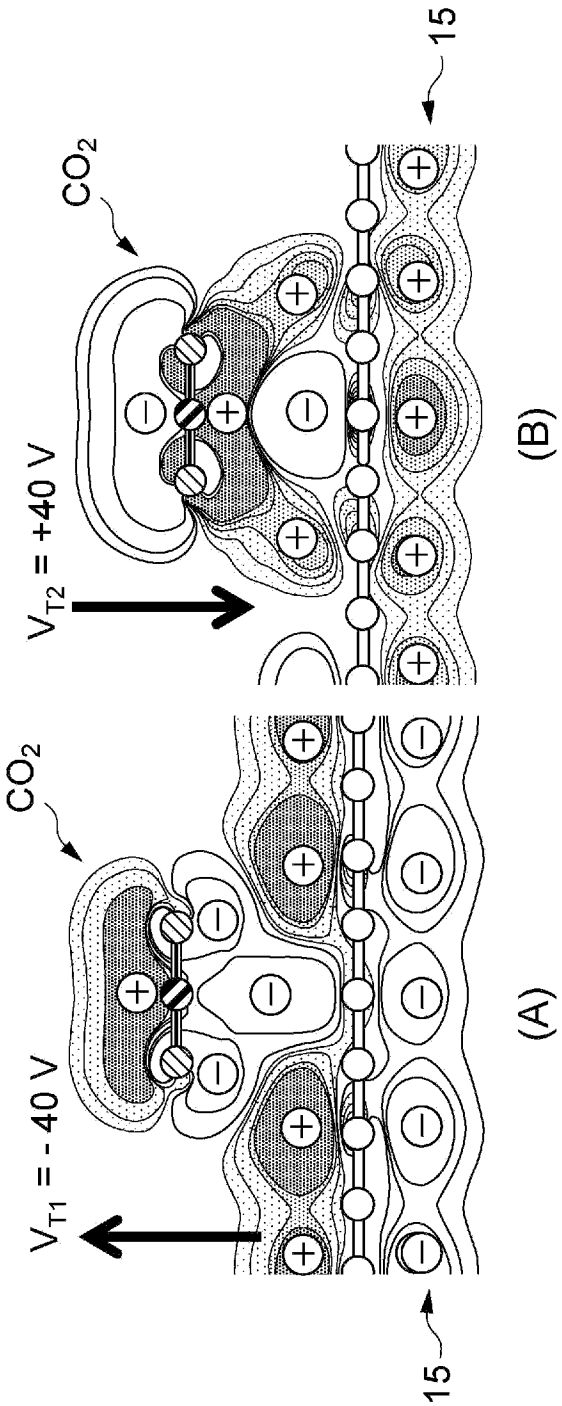
[図1]


1
2
23
20
21
UV光源
22
加熱部
センサ
24
25
26
4
10
情報処理装置
5
41
取得部
表示装置
42
判定部
6
43
出力部
記憶部
44
制御部

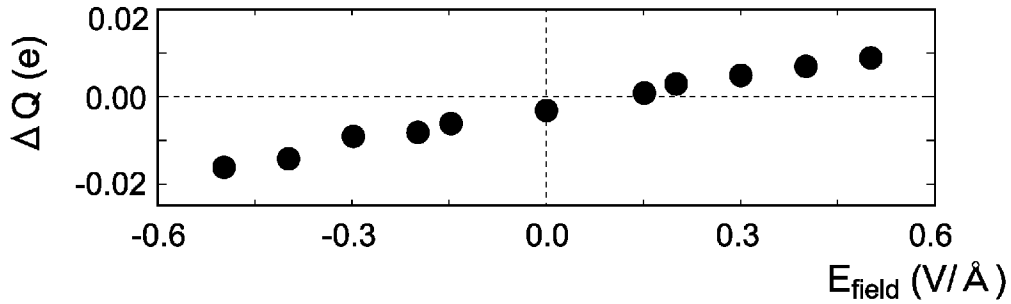
[図2]



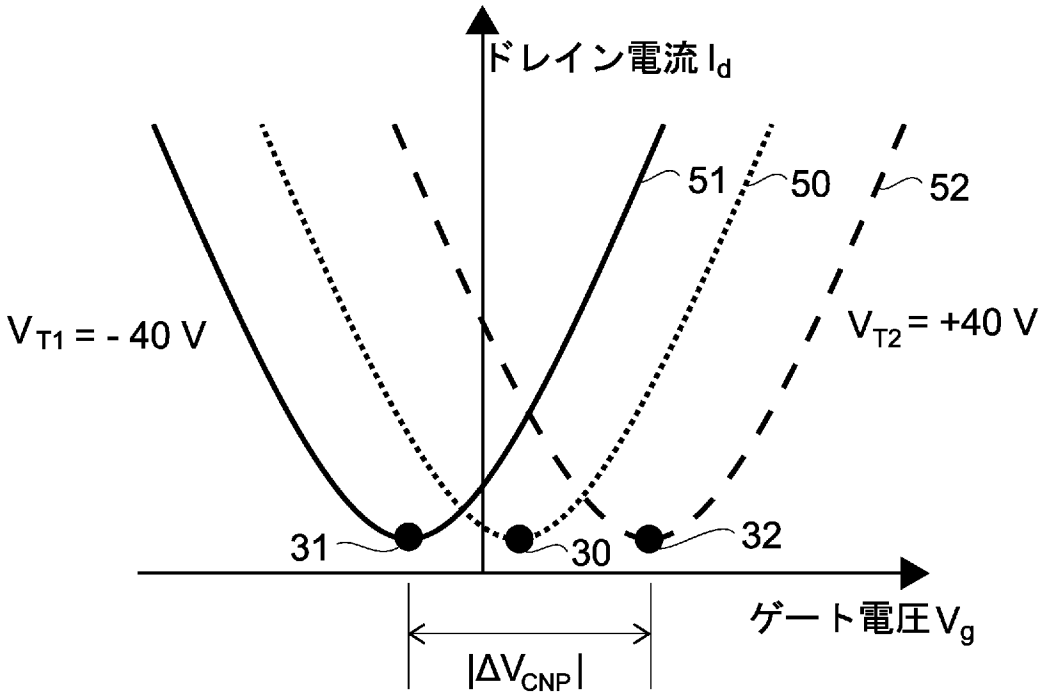
[図3]



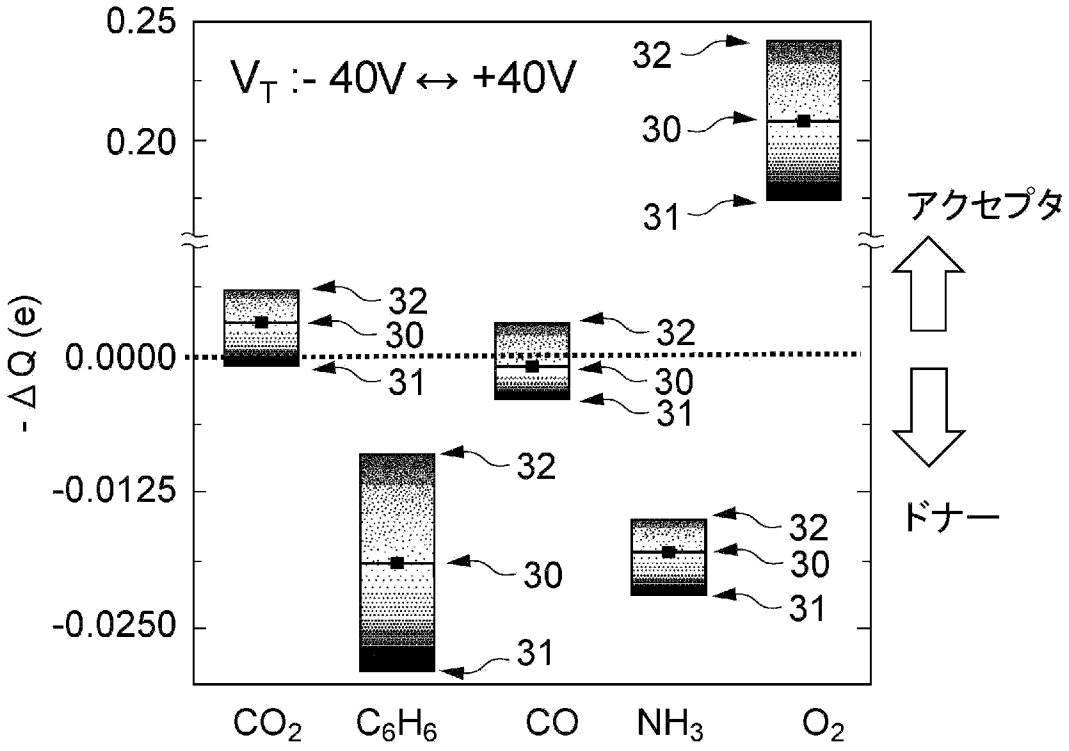
[図4]


0.02
0.00
-0.02
ΔQ (e)
-0.6
-0.3
0.0
0.3
0.6
E field (V/Å)

[図5]

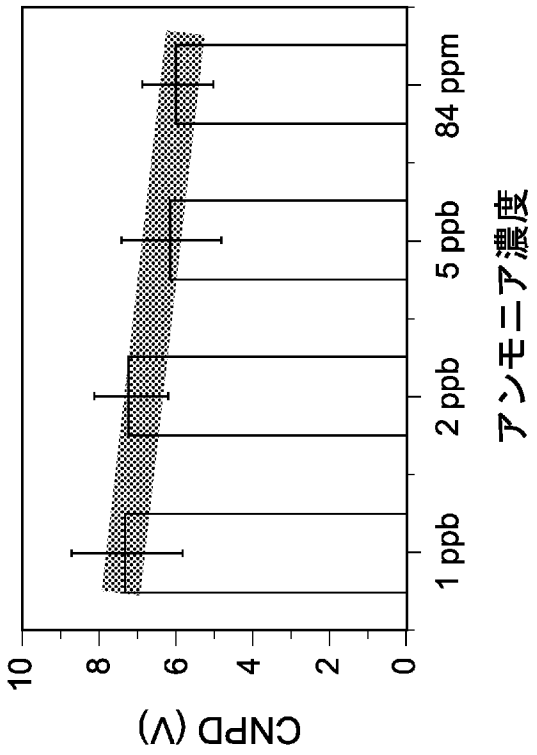

ドレイン電流 Id
51
50
52
VT1 = - 40 V
VT2 = +40 V
31
30
32
ゲート電圧 Vg
|ΔVCNP|

[図6]

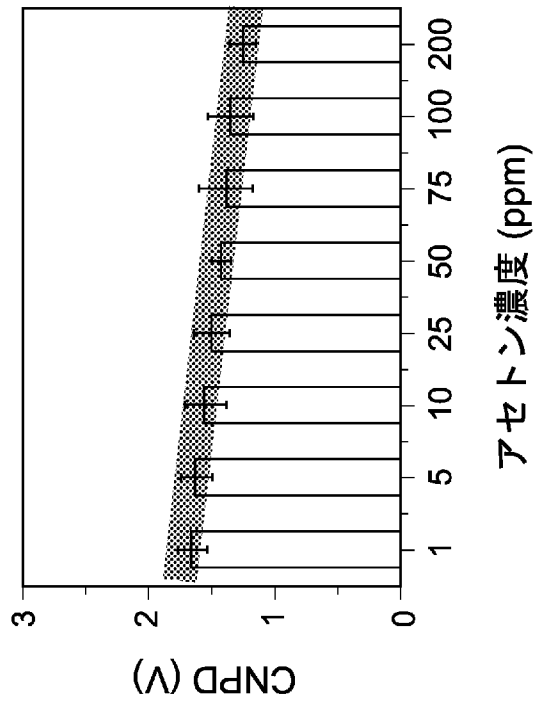

0.25
0.20
0.0000
-0.0125
-0.0250
- ΔQ (e)
V_T :- 40V ↔ +40V
32
30
31
アクセプタ
ドナー
CO_2
C_6H_6
CO
NH_3
O_2

(b)

[図7]

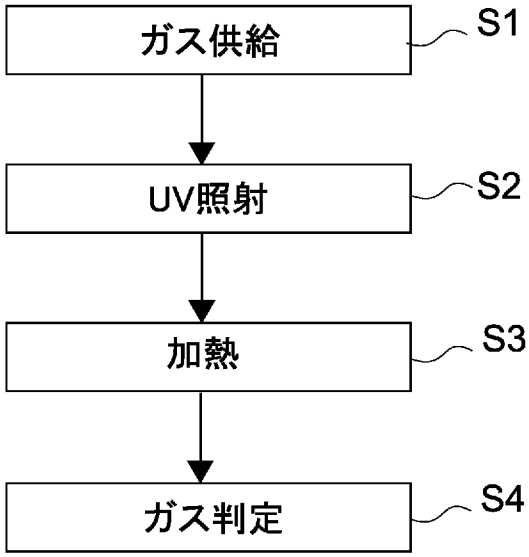

CNPD (V)
0
2
4
6
8
10
1 ppb
2 ppb
5 ppb
84 ppm
アンモニア濃度

(B)

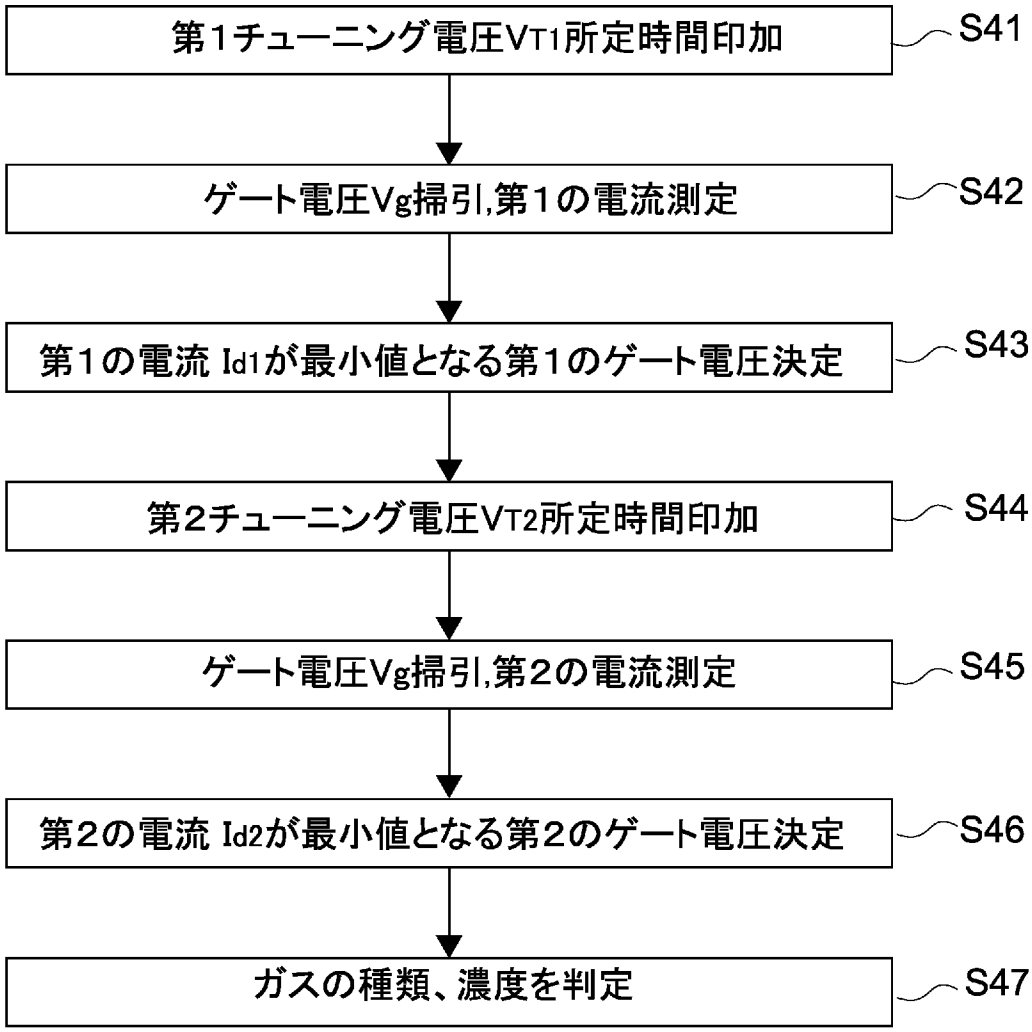

CNPD (V)
0
1
2
3
1
5
10
25
50
75
100
200
アセトン濃度 (ppm)

(A)

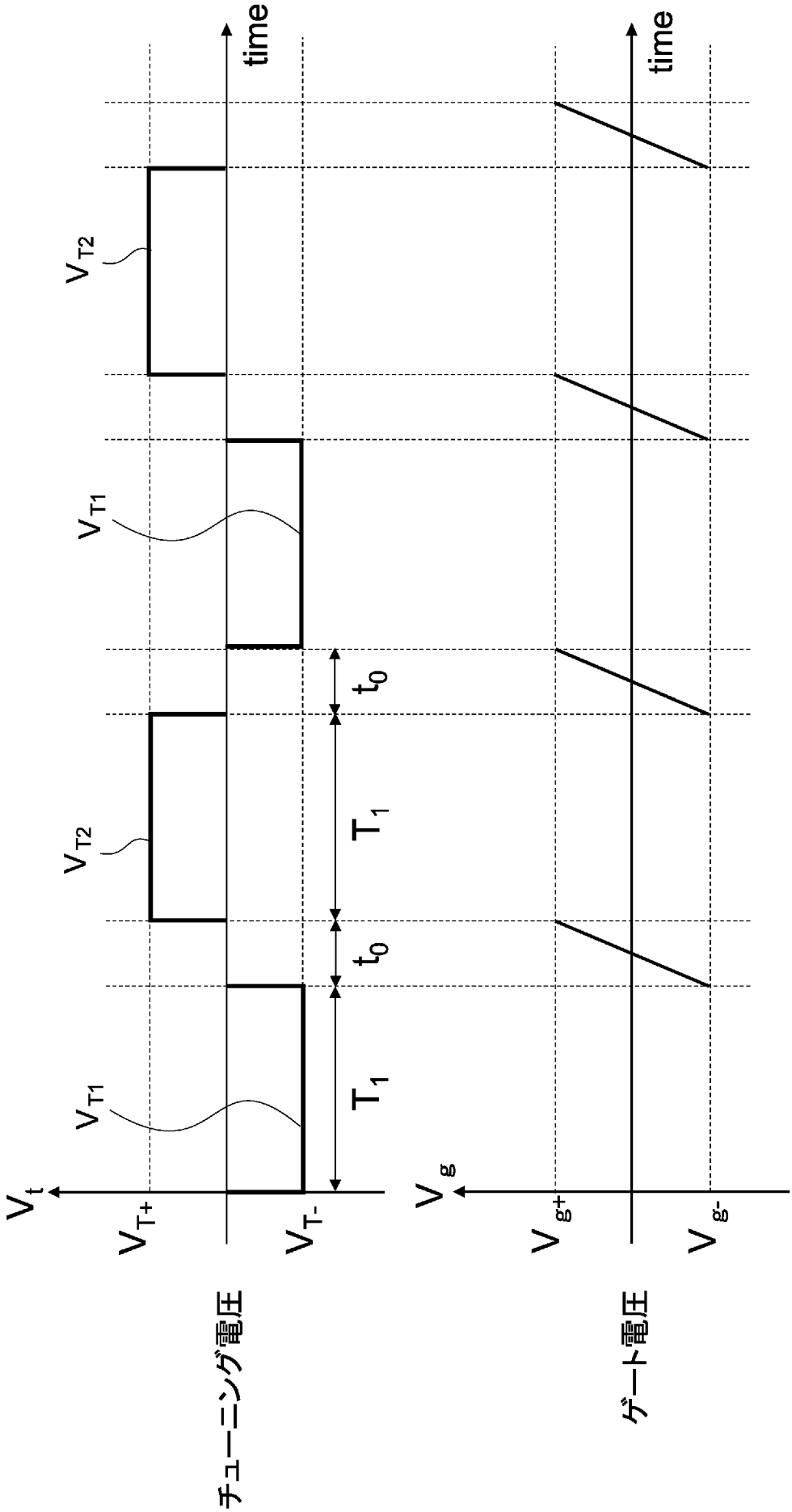
[図8]



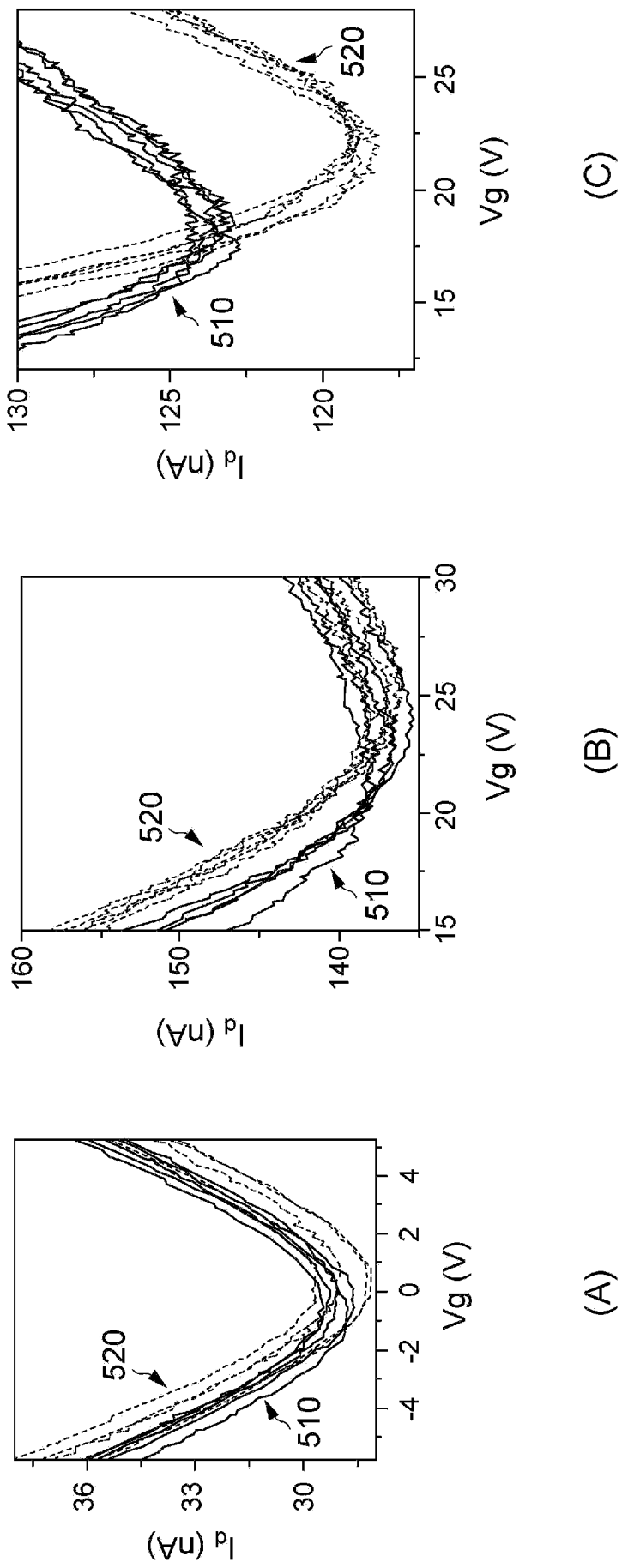
[図9]


第1チューニング電圧VT1所定時間印加
S41
ゲート電圧Vg掃引,第1の電流測定
S42
第1の電流 Id1が最小値となる第1のゲート電圧決定
S43
第2チューニング電圧VT2所定時間印加
S44
ゲート電圧Vg掃引,第2の電流測定
S45
第2の電流 Id2が最小値となる第2のゲート電圧決定
S46
ガスの種類、濃度を判定
S47

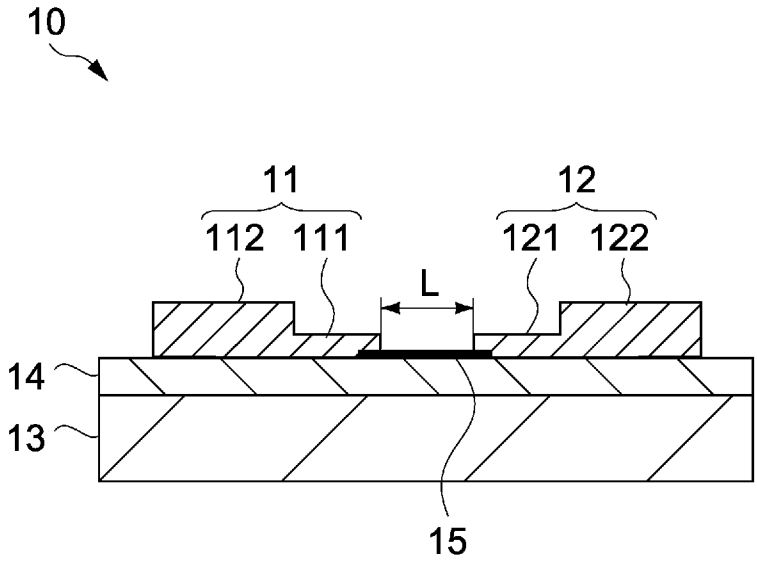
[図10]


time
time
V_{T2}
V_{T1}
V_{T2}
V_{T1}
t_0
T_1
t_0
T_1
V_t
V_{T+}
V_{T-}
V_g
V_{g+}
V_{g-}
チューニング電圧
ゲート電圧

[図11]


(A)
(B)
(C)
I_d (nA)
Vg (V)
510
520
36
33
30
-4
-2
0
2
4
160
150
140
15
20
25
30
130
125
120

[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/032957

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N 27/00(2006.01)i
FI: G01N27/00 J

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)
G01N27/00-27/49

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016/021693 A1 (NIPPON KAYAKU CO., LTD.) 11 February 2016 (2016-02-11)	1-14
A	WO 2017/002854 A1 (FUJITSU LTD.) 05 January 2017 (2017-01-05)	1-14
A	JP 2011-185818 A (SEIKO EPSON CORP.) 22 September 2011 (2011-09-22)	1-14
A	JP 2009-250633 A (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION HOKKAIDO UNIVERSITY) 29 October 2009 (2009-10-29)	1-14
A	US 2018/0180573 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 28 June 2018 (2018-06-28)	1-14
A	US 2014/0260547 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 18 September 2014 (2014-09-18)	1-14

☐ 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	Date of mailing of the international search report
05 November 2020 (05.11.2020)	24 November 2020 (24.11.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/032957

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	INABA et al., "Ammonia gas sensing using a graphene field-effect transistor gated by ionic liquid", Sensors and Actuators B: Chemical, May 2014, vol. 195, pp. 15-21, fig.6	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/032957

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2016/021693 A1	11 Feb. 2016	US 2017/0350856 A1	
WO 2017/002854 A1	05 Jan. 2017	US 2018/0136157 A1	
		CN 107709979 A	
JP 2011-185818 A	22 Sep. 2011	(Family: none)	
JP 2009-250633 A	29 Oct. 2009	(Family: none)	
US 2018/0180573 A1	28 Jun. 2018	WO 2016/205814 A1	
US 2014/0260547 A1	18 Sep. 2014	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/032957

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N 27/00(2006.01)i
FI: G01N27/00 J

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N27/00-27/49

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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/JMEDPlus/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
A	WO 2016/021693 A1 (日本化薬株式会社) 11.02.2016 (2016-02-11)	1-14
A	WO 2017/002854 A1 (富士通株式会社) 05.01.2017 (2017-01-05)	1-14
A	JP 2011-185818 A (セイコーエプソン株式会社) 22.09.2011 (2011-09-22)	1-14
A	JP 2009-250633 A (国立大学法人 北海道大学) 29.10.2009 (2009-10-29)	1-14
A	US 2018/0180573 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 28.06.2018 (2018-06-28)	1-14
A	US 2014/0260547 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 18.09.2014 (2014-09-18)	1-14
A	INABA et al., Ammonia gas sensing using a graphene field-effect transistor gated by ionic liquid, Sensors and Actuators B: Chemical, 2014.05, Vol.195, PP.15-21 Fig.6	1-14

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
05.11.2020	24.11.2020

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

吉田　将志 2W 4636

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/032957

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2016/021693 A1	11.02.2016	US 2017/0350856 A1	
WO 2017/002854 A1	05.01.2017	US 2018/0136157 A1	
		CN 107709979 A	
JP 2011-185818 A	22.09.2011	（ファミリーなし）	
JP 2009-250633 A	29.10.2009	（ファミリーなし）	
US 2018/0180573 A1	28.06.2018	WO 2016/205814 A1	
US 2014/0260547 A1	18.09.2014	（ファミリーなし）	