

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-234977
(P2013-234977A)

(43) 公開日 平成25年11月21日(2013.11.21)

(51) Int.Cl.

GO1N 21/65 (2006.01)

F 1

GO1N 21/65

テーマコード(参考)

2 GO 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2012-109188 (P2012-109188)

(22) 出願日

平成24年5月11日 (2012.5.11)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅善

(74) 代理人 100107261

弁理士 須澤 修

(74) 代理人 100127661

弁理士 宮坂 一彦

(72) 発明者 杉本 守

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 尼子 淳

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

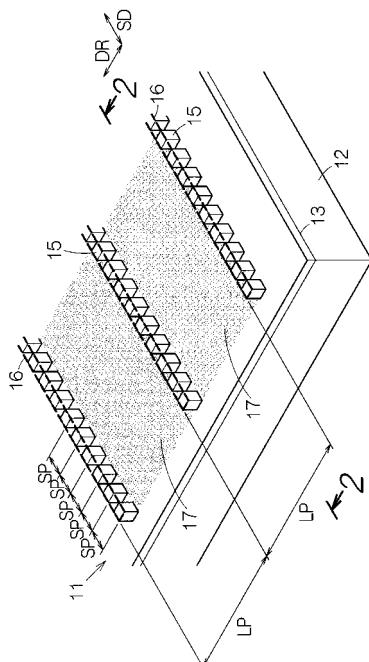
(54) 【発明の名称】試料分析素子並びに検査装置およびセンサーカートリッジ

(57) 【要約】

【課題】ホットスポットの面密度を高めつつ近接場光の増強を実現することができる試料分析素子は提供される。

【解決手段】試料分析素子11では基体12の表面に複数のナノ構造体15が配列される。個々のナノ構造体15では誘電体18が金属膜19で覆われる。ナノ構造体15は複数列のナノ構造体列16を形成する。個々のナノ構造体列16ではナノ構造体15は励起光の波長よりも小さい第1ピッチSPで並べられ、ナノ構造体列16は第1ピッチSPよりも大きい第2ピッチLPで並列に並べられる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基体と、

前記基体の表面に配列されて、金属膜で誘電体を覆う複数のナノ構造体と、を備え、

前記ナノ構造体は複数列のナノ構造体列を形成し、個々の前記ナノ構造体列では前記ナノ構造体は励起光の波長よりも小さい第1ピッチで第1方向に並べられ、前記ナノ構造体列は前記第1ピッチよりも大きい第2ピッチで前記第1方向とは交差する第2方向に並べられることを特徴とする試料分析素子。

【請求項 2】

請求項1に記載の試料分析素子において、前記ナノ構造体列同士の間には、前記ナノ構造体を含まない領域が形成されることを特徴とする試料分析素子。 10

【請求項 3】

請求項1または2に記載の試料分析素子において、前記ナノ構造体の前記誘電体は前記基体と一緒に形作られることを特徴とする試料分析素子。

【請求項 4】

請求項3に記載の試料分析素子において、前記基体は成型材料で形成されることを特徴とする試料分析素子。

【請求項 5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の試料分析素子において、前記金属膜は前記基体の表面を覆うことを特徴とする試料分析素子。 20

【請求項 6】

請求項1～5のいずれか1項に記載の試料分析素子において、前記第1ピッチで並べられたナノ構造体で生じる局在プラズモン波長と前記金属膜との分散関係との交点の波数を第2ピッチとすることを特徴とする試料分析素子。

【請求項 7】

請求項1～6のいずれか1項に記載の試料分析素子と、

前記ナノ構造体列に向けて光を放出する光源と、

前記光の照射に応じて前記ナノ構造体列から放射される光を検出する光検出器とを備えることを特徴とする検査装置。

【請求項 8】

検出室を区画する筐体と、

前記検出室の空間に接する表面を有する基体と、

前記基体の表面に配列されて、金属膜で誘電体を覆う複数のナノ構造体と、を備え、

前記ナノ構造体は複数列のナノ構造体列を形成し、個々の前記ナノ構造体列では前記ナノ構造体は励起光の波長よりも小さい第1ピッチで第1方向に並べられ、前記ナノ構造体列は前記第1ピッチよりも大きい第2ピッチで前記第1方向とは交差する第2方向に並べられることを特徴とするセンサーカートリッジ。 30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、金属膜で覆われるナノ体を備える試料分析素子、および、そういった試料分析素子を利用した検査装置およびセンサーカートリッジ等に関する。 40

【背景技術】**【0002】**

局在表面プラズモン共鳴（LSPR）を利用した試料分析素子は知られる。こうした試料分析素子は例えば金属膜で覆われるナノ体を備える。ナノ体は例えば励起光の波長よりも十分に小さく形成される。ナノ体上の金属膜に励起光が照射されると、全電気双極子が揃い増強電場が誘発される。その結果、金属膜の表面で近接場光が生成される。いわゆるホットスポットが形成される。

【0003】

10

20

30

40

50

非特許文献 1 ではナノ体は所定のピッチで格子状に配置される。ピッチの大きさが伝播表面プラズモン共鳴 (PSPR) の波長に対応する大きさに設定されると、ナノ粒子上の金属膜で近接場光の増強が観察される。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】Lupin Du 外著, 「Localized surface plasmons, surface plasmon polaritons, and their coupling in 2D metallic array for SERS」, OPTICS EXPRESS, 米国, 2010 年 1 月 19 日発行, Vol 18, No. 3, p. 1959 - 1965 10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前述の試料分析素子は標的物質の検査装置に利用されることができる。非特許文献 1 に開示されるように、伝播表面プラズモン共鳴の波長に対応する大きさでピッチが設定されると、ホットスポットの面密度が著しく低下し、標的物質がなかなかホットスポットに付着することができない。

【0006】

本発明の少なくとも 1 つの態様によれば、ホットスポットの面密度を高めつつ近接場光の増強を実現することができる試料分析素子は提供されることができる。 20

【課題を解決するための手段】

【0007】

(1) 本発明の一態様は、基体と、前記基体の表面に配列されて、金属膜で誘電体を覆う複数のナノ構造体とを備え、前記ナノ構造体は複数列のナノ構造体列を形成し、個々の前記ナノ構造体列では前記ナノ構造体は励起光の波長よりも小さい第 1 ピッチで第 1 方向に並べられ、前記ナノ構造体列は前記第 1 ピッチよりも大きい第 2 ピッチで前記第 1 方向とは交差する第 2 方向に並べられる試料分析素子に関する。

【0008】

励起光の働きでナノ構造体の金属膜では局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) が引き起こされる。ナノ構造体列のピッチ (第 2 ピッチ) の働きでエバネッセント波に基づき伝播表面プラズモン共鳴 (PSPR) が引き起こされる。伝播表面プラズモン共鳴は局在表面プラズモン共鳴に結合する。いわゆるハイブリッドモードが確立される。こうして局在表面プラズモン共鳴は伝播表面プラズモン共鳴で増強され、ナノ構造体の金属膜で近接場光は強められる。いわゆるホットスポットが形成される。しかも、個々のナノ構造体列内には複数のナノ構造体が配置されることから、ナノ構造体単体が励起光に共鳴するピッチで配置される場合に比べてナノ構造体の面密度は高められる。したがって、ホットスポットの面密度は高められる。 30

【0009】

(2) 前記ナノ構造体列同士の間には、前記ナノ構造体を含まない領域が形成されることができる。すなわち、ナノ構造体列同士の間でナノ構造体の形成は排除される。ナノ構造体列同士の間では局在表面プラズモン共鳴は誘起されない。 40

【0010】

(3) 前記ナノ構造体の前記誘電体は前記基体と一緒に形作られることができる。ナノ構造体の誘電体と基体とは同一の材料から形成されることがある。ナノ構造体列の誘電体および基体は一体成型で形成されることがある。試料分析素子の製造工程は簡素化されることがある。試料分析素子の量産性は高められることがある。

【0011】

(4) 前記基体は成型材料で形成されることがある。ナノ構造体列の誘電体および基体は一体成型で形成されることがある。試料分析素子の量産性は高められることがある。 50

る。

【0012】

(5) 前記金属膜は前記基体の表面を覆うことができる。金属膜は基体の表面で一律に形成されれば済む。したがって、試料分析素子の製造工程は簡素化されることがある。試料分析素子の量産性は高められることがある。

【0013】

(6) 試料分析素子では、前記第1ピッチで並べられたナノ構造体で生じる局在プラズモン波長と前記金属膜との分散関係との交点の波数を第2ピッチとすることができる。

【0014】

(7) 試料分析素子は検査装置に組み込まれて利用されることがある。検査装置は、試料分析素子と、前記ナノ構造体列に向けて光を放出する光源と、前記光の照射に応じて前記ナノ構造体列から放射される光を検出する光検出器とを備えることができる。

【0015】

(8) 本発明の他の態様は、検出室を区画する筐体と、前記検出室の空間に接する表面を有する基体と、前記基体の表面に配列されて、金属膜で誘電体を覆う複数のナノ構造体と、を備え、前記ナノ構造体は複数列のナノ構造体列を形成し、個々の前記ナノ構造体列では前記ナノ構造体は励起光の波長よりも小さい第1ピッチで第1方向に並べられ、前記ナノ構造体列は前記第1ピッチよりも大きい第2ピッチで前記第1方向とは交差する第2方向に並べられることを特徴とするセンサーパートリッジに関する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係る試料分析素子を概略的に示す斜視図である。

【図2】図1の2-2線に沿った垂直断面図である。

【図3】シミュレーションモデルの単位ユニットを示す(a)平面図、および(b)側面図である。

【図4】シミュレーションモデルの(a)本実施形態に係るモデル、および(b)比較モデルの平面図である。

【図5】電場強度に基づき作成された分散関係を示すグラフである。

【図6】電場強度の最大値を示すグラフである。

【図7】電場強度の最大値の波長依存性を示すグラフである。

【図8】単位面積当たり電場強度の二乗和を示すグラフである。

【図9】第1比較単位ユニットを示す(a)平面図、および(b)側面図である。

【図10】電場強度の波長依存性を示すグラフである。

【図11】シリコン基板の表面に形成される突起を概略的に示す断面図である。

【図12】シリコン基板の表面に形成されるニッケル膜を概略的に示す断面図である。

【図13】シリコン基板の表面に形成されるニッケル板を概略的に示す断面図である。

【図14】シリコン基板から剥離されたニッケル板を概略的に示す断面図である。

【図15】ニッケル板で成型される成型材料を概略的に示す断面図である。

【図16】基板の表面に成膜される金属膜を概略的に示す断面図である。

【図17】標的分子検査装置の構成を概略的に示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0018】

(1) 試料分析素子の構造

図1は本発明の一実施形態に係る試料分析素子11を概略的に示す。この試料分析素子11はセンサーチップ12は基板(基体)12を備える。基板12は例えば成型材料から形成される。成型材料には例えば樹脂材が使用されることがある。樹脂材にはポリメ

10

20

30

40

50

タクリル酸メチル樹脂（P M M A樹脂）といったアクリル樹脂が含まれることができる。

【0019】

基板12の表面には金属膜13が形成される。金属膜13は金属から形成される。金属膜13は例えば銀から形成することができる。その他、金属には金またはアルミニウムが用いられてもよい。金属膜13は例えば基板12の表面に一面に途切れなく形成することができる。金属膜13は均一な膜厚で形成することができる。金属膜13の膜厚は例えば20nm程度に設定することができる。

【0020】

金属膜13の表面にはナノ構造体15が形成される。ナノ構造体15は金属膜13の表面から突出する。ナノ構造体15は基板12の表面に分散する。個々のナノ構造体15は角柱に形成される。角柱の水平断面すなわち輪郭は例えば正方形に形成される。正方形の一辺の長さは例えば1~1000nm程度に設定することができる。角柱の高さ（金属膜13の表面から）は例えば10~100nm程度で設定することができる。角柱の水平断面は正方形以外の多角形に形成されてもよい。ナノ構造体15は円柱その他の立体形状に形成されてもよい。

10

【0021】

ナノ構造体15はナノ構造体列16を形成する。個々のナノ構造体列16内でナノ構造体15は短ピッチSP（第1ピッチ）で金属膜13の表面に1列に配列される。ナノ構造体列16は第1方向SDに延びる。短ピッチSPは励起光の波長よりも小さく設定される。

20

【0022】

ナノ構造体列16は第1方向SDに交差する第2方向DRに所定の長ピッチLP（第2ピッチ）で並列に並べられる。ここでは、第2方向DRは基板12の表面を含む1仮想平面内で第1方向SDに直交する。長ピッチLPは少なくとも短ピッチSPよりも大きく設定される。長ピッチLPの大きさは、後述されるように、エバネッセント波の波数に応じて設定される。

【0023】

ナノ構造体列16同士の間には、ナノ構造体を含まない平面領域（ナノ構造体を含まない領域）17が形成される。すなわち、隣接するナノ構造体列16同士の間ではナノ構造体15の形成は排除される。

30

【0024】

図2に示されるように、個々のナノ構造体15は誘電体の本体18を備える。本体18は角柱形状に形成される。本体18は基板12の表面から突き出る。本体18は基板12の材料と同一の材料から形成することができる。本体18は基板12の表面に一体に形成作れることがある。

【0025】

個々のナノ構造体15では本体18の表面は金属膜19で覆われる。金属膜19は金属膜13と同一の材料から形成することができる。金属膜19および金属膜13は1枚の膜として形成することができる。金属膜19は均一な膜厚で形成することができる。

40

【0026】

試料分析素子11では、個々のナノ構造体15の大きさは励起光の波長よりも十分に小さく設定される。その結果、励起光の働きでナノ構造体15の金属膜19では局在表面プラズモン共鳴（LSPR）が引き起こされる。加えて、励起光の偏光面が第2方向DRに合わせ込まれると、長ピッチLPの設定に応じて、エバネッセント波に基づき伝播表面プラズモン共鳴（PSPR）が引き起こされる。伝播表面プラズモン共鳴はナノ構造体15の局在表面プラズモン共鳴に結合する。いわゆるハイブリッドモードが確立される。こうして局在表面プラズモン共鳴は伝播表面プラズモン共鳴で増強され、ナノ構造体15の金属膜19で近接場光は強められる。いわゆるホットスポットが形成される。しかも、個々のナノ構造体列16内ではナノ構造体15同士の間隔は長ピッチLPよりも小さい短ピッチSPに設定されることから、ナノ構造体15同士の間隔が長ピッチLPで設定される場

50

合に比べてナノ構造体 15 の面密度は高められる。ホットスポットの面密度は高められる。

【0027】

(2) 電場強度の検証

本発明者は試料分析素子 11 の電場強度を検証した。検証にあたって FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法のシミュレーションソフトウェアが利用された。図 3 (a) および図 3 (b) に示されるように、本発明者は Yee Cell に基づきシミュレーションモデルの単位ユニットを構築した。この単位ユニットでは 120 nm 角の PMMA 製基板 12 に銀の金属膜 13 が形成された。金属膜 13 の膜厚は 20 nm に設定された。PMMA 製の本体 18 の輪郭は 40 nm 角の正方形に設定された。本体 18 の高さ (基板 12 の表面から) は 60 nm に設定された。

10

【0028】

図 4 (a) に示されるように、1列の単位ユニットすなわちナノ構造体 15 で 1 つのナノ構造体列 16 が構成された。複数のナノ構造体列 16 が平行に並べられた。x 軸方向にナノ構造体列 16 の間に長ピッチ LP が設定された。その結果、ナノ構造体列 16 同士の間には 1 列の空隙単位ユニットで平面領域 17 が形成された。空隙単位ユニットは 120 nm 角の空隙で構成された。先頭のナノ構造体 15 で電場強度 E_x が算出された。周辺屈折率 $n_s = 1$ が設定された。直線偏光の励起光が設定された。偏光面は x 軸方向に合わせられた。励起光は垂直入射に設定された。

20

【0029】

図 4 (b) に示されるように、本発明者は比較モデルを用意した。比較モデルでは長ピッチ LP は 120 nm に設定された。すなわち、平面領域 17 は省略された。単純にナノ構造体 15 が短ピッチ SP で格子状に配置された。前述と同様に、選択された 1 つのナノ構造体 15 で電場強度 E_x が算出された。

30

【0030】

図 5 は電場強度 E_x に基づき作成された分散関係を示す。ここでは、単位面積当たりに換算された電場強度 E_x の二乗和が特定された。二乗和の特定にあたってナノ構造体 15 の上側の 4 つの頂点それぞれで電場強度 E_x が算出された。個々の頂点ごとに電場強度 E_x の二乗値が算出され、繰り返し計算の最小単位の全ての頂点の二乗値が足し合わせられた。単位面積として比較モデルの面積が設定された。足し合わせられた結果がその単位面積当たりに換算された。こうして単位面積当たり電場強度 E_x の二乗和が算出された。励起光の波長と二乗和との関係すなわち周波数特性が算出された。

30

【0031】

図 5 で波数 k は長ピッチ LP に応じて特定される。直線 21 は空気 ($n_s = 1.0$) の分散関係を示す。空気の分散関係は比例関係を示す。曲線 22 は屈折率 ($n_s = 1.0$) の銀 Ag の伝播表面プラズモン共鳴の分散関係を示す。複数の長ピッチ LP (= 波数 k) に現れる波長 (= 420 nm) は局在表面プラズモン共鳴の共鳴波長に相当する。なぜならば、分散関係の傾きは伝搬表面プラズモンの移動速度を示し、複数の長ピッチ PL で現れる角周波数の傾きは 0 (ゼロ) を示すからである。局在表面プラズモン共鳴の共鳴波長はナノ構造体 15 の体積や金属膜 19 の膜厚に応じて決定ができる。いわゆる Anti-Crossing Behavior (ハイブリッドモードの指標として知られる) は観察されなかった。

40

【0032】

図 6 は電場強度 E_x の最大値を示す。比較モデルに対して長ピッチ LP が増大すると電場強度 E_x の最大値は増大することが確認された。特に、長ピッチ LP = 380 nm p で電場強度 E_x の最大値はピークを示すことが確認された。前述の分散関係から観察されるように、長ピッチ LP = 380 nm p は局在表面プラズモン共鳴の分散関係と銀 Ag の伝播表面プラズモン共鳴の分散関係との交点に相当する。図 7 は電場強度 E_x の最大値の波長依存性を示す。長ピッチ LP の大きさに拘わらず 420 nm の波長で電場強度 E_x の最大値はピークを示すことが確認された。図 8 は単位面積当たり電場強度 E_x の二乗和を示

50

す。比較モデルに対して長ピッチ L P が増大すると電場強度 E × の二乗和が増大することが確認された。特に、長ピッチ L P = 3 8 0 n m p で単位面積当たり電場強度 E × の二乗和はピークを示すことが確認された。

【 0 0 3 3 】

図 9 (a) および図 9 (b) に示されるように、本発明者は第 1 比較単位ユニットを用意した。第 1 比較単位ユニットでは 1 2 0 n m 角のシリコン (Si) 製基板 1 2 の表面に銀の金属膜 1 3 が形成された。金属膜 1 3 の膜厚は 2 0 n m に設定された。ナノ構造体 1 5 の本体 1 8 は二酸化シリコン (Si O₂) から形成された。その他の構造は前述の単位ユニットと同様に形成された。

【 0 0 3 4 】

本発明者は同様に第 2 比較単位ユニットを用意した。第 2 比較単位ユニットでは 1 2 0 n m 角の二酸化シリコン (Si O₂) 製基板 1 2 の表面に銀の金属膜 1 3 が形成された。金属膜 1 3 の膜厚は 2 0 n m に設定された。ナノ構造体 1 5 の本体 1 8 は二酸化シリコン (Si O₂) から形成された。すなわち、ナノ構造体 1 5 の本体 1 8 と基板 1 2 とは一体構造に設定された。その他の構造は前述の単位ユニットと同様に形成された。

【 0 0 3 5 】

図 1 0 は電場強度 E × の波長依存性を示す。波長依存性の特定にあたって単位ユニット、第 1 比較単位ユニットおよび第 2 比較単位ユニットで比較モデルが構築された。比較モデルで励起光の波長ごとに前述と同様に単位面積当たり電場強度 E × の二乗和が算出された。このとき、二酸化シリコンの屈折率は 1 . 4 5 に設定され PMMA の屈折率は 1 . 4 8 に設定された。図 1 0 から明らかなように、第 1 比較単位ユニットでは単位ユニットおよび第 2 比較単位ユニットに対して電場強度 E × の増強が観察された。単位ユニットと第 2 比較単位ユニットとの間では電場強度 E × にほとんど差が観察されなかった。この結果から、第 1 比較単位ユニットではシリコン製基板 1 2 の表面から反射する戻り光の効果で電場強度 E × が増大したことが容易く推測されることがある。その一方で、ナノ構造体 1 5 の本体 1 8 と基板 1 2 とが一体に形作られると、ナノ構造体 1 5 の本体 1 8 と基板 1 2 とは同一の材料から形成されることがある。ナノ構造体 1 5 の本体 1 8 と基板 1 2 とは一体成型で形成されることがある。試料分析素子 1 1 の製造工程は簡素化されることがある。試料分析素子 1 1 の量産性は高められることがある。一体成型の実施にあたってナノ構造体 1 5 および基板 1 2 は成型材料から形成されればよい。

【 0 0 3 6 】

(3) 試料分析素子の製造方法

次に、試料分析素子 1 1 の製造方法を簡単に説明する。試料分析素子 1 1 の製造にあたってスタンパーが製造される。図 1 1 に示されるように、シリコン (Si) 基板 2 3 の表面で二酸化シリコン (Si O₂) の突起 2 4 が形成される。シリコン基板 2 3 の表面は平滑面に形成される。突起 2 4 は、基板 1 2 の表面に分散するナノ構造体 1 5 の本体 1 8 を象る。突起 2 4 の形成にあたって例えばリソグラフィ技術は用いられることがある。シリコン基板 2 3 の表面に一面に二酸化シリコン膜が形成される。二酸化シリコン膜の表面にナノ構造体 1 5 の本体 1 8 を象ったマスクが形成される。マスクには例えばフォトレジスト膜が用いられればよい。マスクの周囲で二酸化シリコン膜が除去されると、二酸化シリコン膜から個々の突起 2 4 は成形される。こうした成形にあたってエッティング処理やミリング処理が実施されればよい。

【 0 0 3 7 】

図 1 2 に示されるように、シリコン基板 2 3 の表面にニッケル (Ni) 膜 2 5 が形成される。ニッケル膜 2 5 の形成にあたって無電解めっきが実施される。続いて、図 1 3 に示されるように、ニッケル膜 2 5 に基づき電鋳が実施される。シリコン基板 2 3 の表面には肉厚のニッケル板 2 6 が形成される。その後、図 1 4 に示されるように、ニッケル板 2 6 はシリコン基板 2 3 から剥離される。こうしてニッケル製のスタンパーは製造ができる。ニッケル板 2 6 すなわちスタンパーの表面は平滑面に形成される。平滑面には突起 2 4 の剥離痕で窪み 2 7 が形成される。

10

20

30

40

50

【0038】

図15に示されるように、基板28は成型される。成型にあたって例えば成型材料の射出成型が利用されることがある。基板28の表面にはナノ構造体15の本体18が一体成型される。図16に示されるように、基板28の表面に一面に金属膜29が形成される。金属膜29の形成にあたって無電解めっきやスパッタリング、蒸着などが用いられることがある。こうして誘電体の本体18は金属膜19で覆われる。ナノ構造体15が形成される。その後、基板28から個々の基板12が切り出される。基板12の表面は金属膜13で覆われる。スタンパーは試料分析素子11の生産性の向上に大いに貢献することができる。

【0039】

10

(4) 実施形態に係る検査装置

図17は一実施形態に係る標的分子検査装置(検査装置)101を概略的に示す。標的分子検査装置101は筐体102を備える。筐体102にはセンサーパートリッジ103が組み込まれる。センサーパートリッジ103には導入通路104と排出通路105とが個別に接続される。導入通路104からセンサーパートリッジ103に気体は導入される。センサーパートリッジ103から排出通路105に気体は排出される。導入通路104の通路入口106にはフィルター107が設置される。フィルター107は例えば気体中の塵埃や水蒸気を除去することができる。排出通路105の通路出口108には吸引ユニット109が設置される。吸引ユニット109は送風ファンで構成される。送風ファンの作動に応じて気体は導入通路104、センサーパートリッジ103および排出通路105を順番に流通する。こうした気体の流通経路内でセンサーパートリッジ103の前後にはシャッター(図示されず)が設置される。シャッターの開閉に応じてセンサーパートリッジ103内に気体は閉じ込められることができる。

20

【0040】

筐体102には識別センサー111が組み込まれる。識別センサー111はセンサーパートリッジ103の着脱を識別する。識別センサー111はセンサーパートリッジ103の装着および取り外しに応じて所定の電気信号を出力する。センサーパートリッジ103は例えば導入通路104および排出通路105に着脱自在に装着することができる。

【0041】

30

標的分子検査装置101はラマン散乱光検出ユニット112を備える。ラマン散乱光検出ユニット112は、センサーパートリッジ103に励起光を照射しラマン散乱光を検出する。ラマン散乱光検出ユニット112は筐体102内に遮光室113を区画する。遮光室113は周囲の光から遮断される。

【0042】

30

ラマン散乱光検出ユニット112は光源114を備える。光源114は遮光室113内に配置される。光源114にはレーザー光源が用いられることがある。レーザー光源は特定波長(单一波長)で直線偏光のレーザー光を放射することができる。

【0043】

40

ラマン散乱光検出ユニット112は受光素子115を備える。受光素子115は例えば光の強度を検出することができる。受光素子115は光の強度に応じて検出電流を出力することができる。したがって、受光素子115から出力される電流の大きさに応じて光の強度は特定されることがある。

【0044】

遮光室113内で、光源114とセンサーパートリッジ103との間、および、センサーパートリッジ103と受光素子115との間には光学系116が構築される。光学系116は光源114とセンサーパートリッジ103との間に光路を形成すると同時にセンサーパートリッジ103と受光素子115との間に光路を形成する。光学系116の働きで光源114の光はセンサーパートリッジ103に導かれる。センサーパートリッジ103の反射光は光学系116の働きで受光素子115に導かれる。

【0045】

50

光学系 116 はコリメーターレンズ 117、ダイクロイックミラー 118、対物レンズ 119、集光レンズ 121、凹レンズ 122、光学フィルター 123 および分光器 124 を備える。ダイクロイックミラー 118 は例えばセンサーパートリッジ 103 と受光素子 115との間に配置される。対物レンズ 119 はダイクロイックミラー 118 とセンサーパートリッジ 103との間に配置される。対物レンズ 119 はダイクロイックミラー 118 から供給される平行光を集光してセンサーパートリッジ 103 に導く。センサーパートリッジ 103 の反射光は対物レンズ 119 で平行光に変換されダイクロイックミラー 118 を透過する。ダイクロイックミラー 118 と受光素子 115との間には集光レンズ 121、凹レンズ 122、光学フィルター 123 および分光器 124 が配置される。対物レンズ 119、集光レンズ 121 および凹レンズ 122 の光軸は同軸に合わせ込まれる。集光レンズ 121 で集光された光は凹レンズ 122 で再び平行光に変換される。光学フィルター 123 はレイリー散乱光を除去する。ラマン散乱光は光学フィルター 123 を通過する。分光器 124 は例えば特定波長の光を選択的に透過させる。こうして受光素子 115 では特定波長ごとに光の強度が検出される。分光器 124 には例えばエタロンが用いられることができる。10

【0046】

光源 114 の光軸は対物レンズ 119 および集光レンズ 121 の光軸に直交する。ダイクロイックミラー 118 の表面はこれら光軸に 45 度の角度で交差する。ダイクロイックミラー 118 と光源 114との間にはコリメーターレンズ 117 が配置される。こうしてコリメーターレンズ 117 は光源 114 に向き合わせられる。コリメーターレンズ 117 の光軸は光源 114 の光軸に同軸に合わせ込まれる。20

【0047】

標的分子検査装置 101 は制御ユニット 126 を備える。制御ユニット 126 に、識別センサー 111、光源 114、分光器 124、受光素子 115、吸引ユニット 109、その他の機器が接続される。制御ユニット 126 は、光源 114、分光器 124 および吸引ユニット 109 の動作を制御するとともに、識別センサー 111 および受光素子 115 の出力信号を処理する。制御ユニット 126 には信号コネクター 127 が接続される。制御ユニット 126 は信号コネクター 127 を通じて外部と信号をやりとりすることができる。。30

【0048】

標的分子検査装置 101 は電源ユニット 128 を備える。電源ユニット 128 は制御ユニット 126 に接続される。電源ユニット 128 は制御ユニット 126 に動作電力を供給する。制御ユニット 126 は電源ユニット 128 から電力の供給を受けて動作することができる。電源ユニット 128 には例えば 1 次電池や 2 次電池が用いられることがある。2 次電池は、例えば、充電用の電源コネクター 129 を有することができる。30

【0049】

制御ユニット 126 は信号処理制御部を備える。信号処理制御部は例えば中央演算処理装置 (CPU) と、RAM (ランダムアクセスメモリー) や ROM (リードオンリーメモリー) といった記憶回路で構成されることができる。ROM には例えば処理プログラムやスペクトルデータが格納されることができる。スペクトルデータでは標的分子のラマン散乱光のスペクトルが特定される。CPU は、一時的に RAM に処理プログラムやスペクトルデータを取り込みながら、処理プログラムを実行する。CPU は、スペクトルデータに、分光器および受光素子の働きで特定される光のスペクトルを照らし合わせる。40

【0050】

センサーパートリッジ 103 は筐体 131 を備える。筐体 131 は検出室 132 を区画する。検出室 132 は一端で導入通路 104 に接続され他端で排出通路 105 に接続される。筐体 131 にセンサーチップ 11 が組み込まれる。基板 12 の表面は検出室 132 の空間に接する。光源 114 から放出される光はコリメーターレンズ 117 で平行光に変換される。直線偏光の光はダイクロイックミラー 118 で反射する。反射した光は対物レンズ 119 で集光されてセンサーパートリッジ 103 に照射される。光はセンサーパートリ50

ツジ 103 の筐体 131 を透過してセンサーチップ 11 に到達する。このとき、光はセンサーチップ 11 の表面に直交する垂直方向に入射することができる。いわゆる垂直入射が確立されることがある。光の偏光面はナノ構造体列 16 (第 1 方向 SD) に平行に合わせ込まれる。照射された光の働きでナノ構造体 15 の金属膜 19 では局在表面プラズモン共鳴が引き起こされる。ナノ構造体 15 同士の間で近接場光は強められる。いわゆるホットスポットが形成される。

【0051】

このとき、ホットスポットでナノ構造体 15 に標的分子が付着すると、標的分子からレイリー散乱光およびラマン散乱光が生成される。いわゆる表面増強ラマン散乱が実現される。その結果、標的分子の種類に応じたスペクトルで光は対物レンズ 119 に向かって放出される。10

【0052】

こうしてセンサー カートリッジ 103 から放出される光は対物レンズ 119 で平行光に変換されダイクロイックミラー 118、集光レンズ 121、凹レンズ 122 および光学フィルター 123 を通過する。ラマン散乱光は分光器 124 に入射する。分光器 124 はラマン散乱光を分光する。こうして特定の波長ごとに受光素子 115 は光の強度を検出する。光のスペクトルはスペクトルデータに照らし合わせられる。光のスペクトルに応じて標的分子は検出されることがある。こうして標的分子検出装置 101 は表面増強ラマン散乱に基づき例えアデノウィルスやライノウィルス、HIV ウィルス、インフルエンザウイルスといった標的物質を検出することができる。20

【0053】

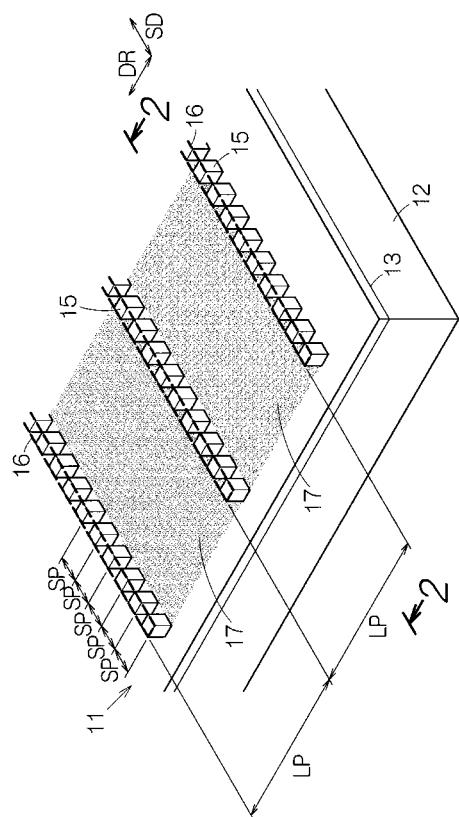
なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。したがって、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれる。例えば、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語とともに記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また、試料分析素子 11 や標的物質検査装置 101 等の構成および動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形が可能である。

【符号の説明】

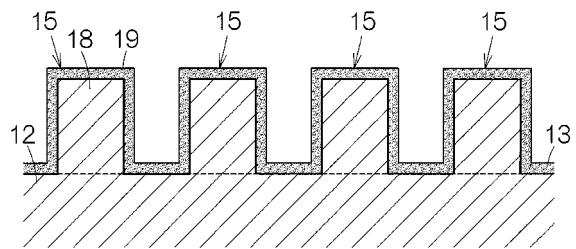
【0054】

11 試料分析素子、12 基体、13 金属膜、15 ナノ構造体、16 ナノ構造体列、17 ナノ構造体を含まない領域(平面領域)、18 誘電体(本体)、19 金属膜、101 検査装置(標的分子検査装置)、103 センサー カートリッジ、114 光源、115 光検出器(受光素子)、131 筐体、SP 第1ピッチ(短ピッチ)、LP 第2ピッチ(長ピッチ)。30

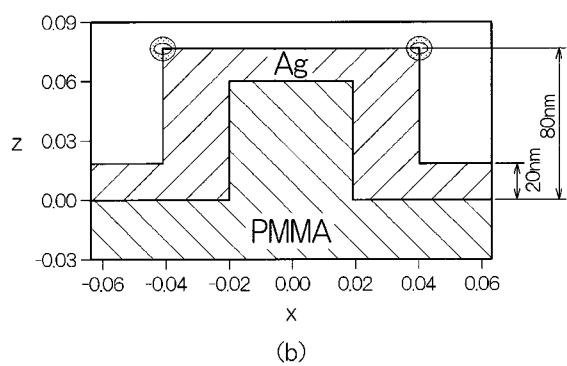
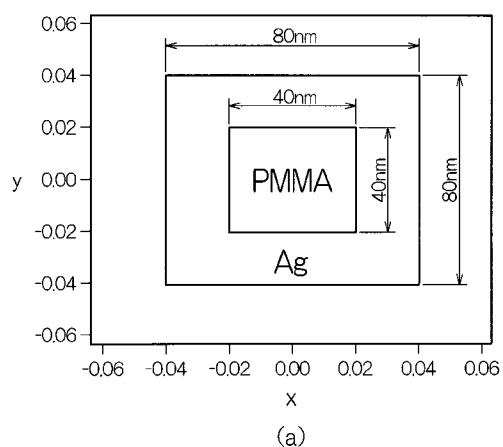
【図1】



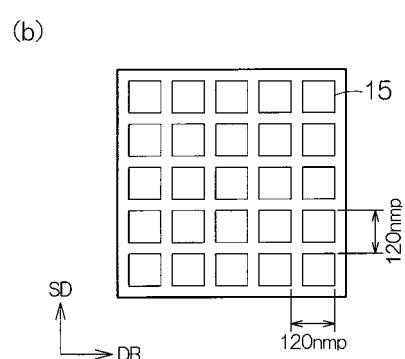
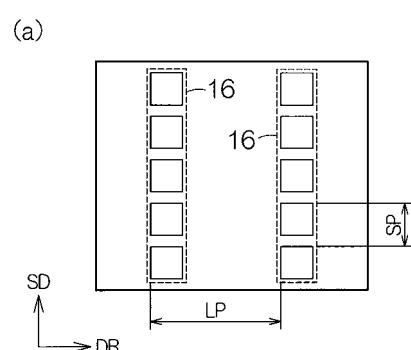
【図2】



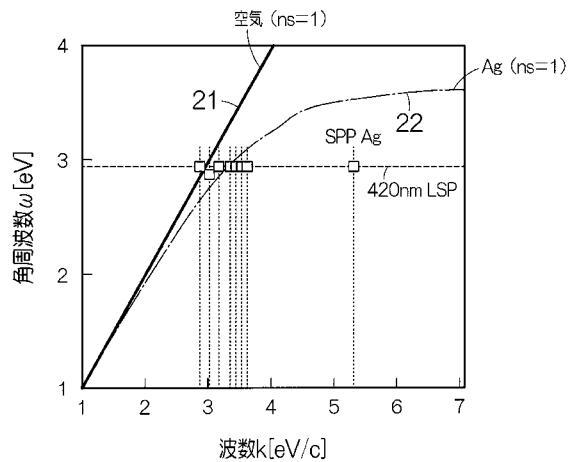
【図3】



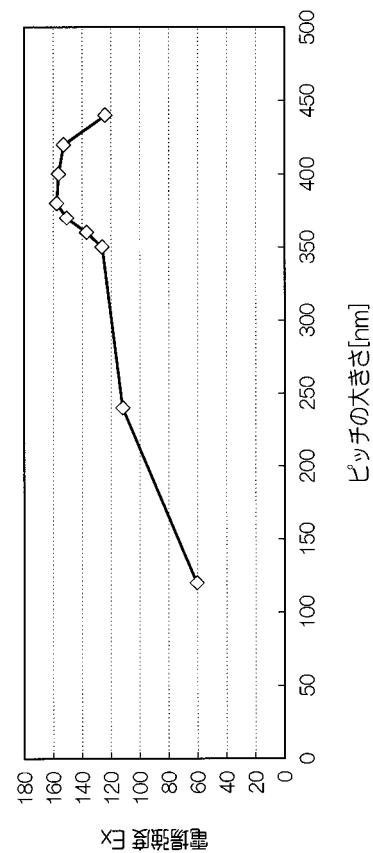
【図4】



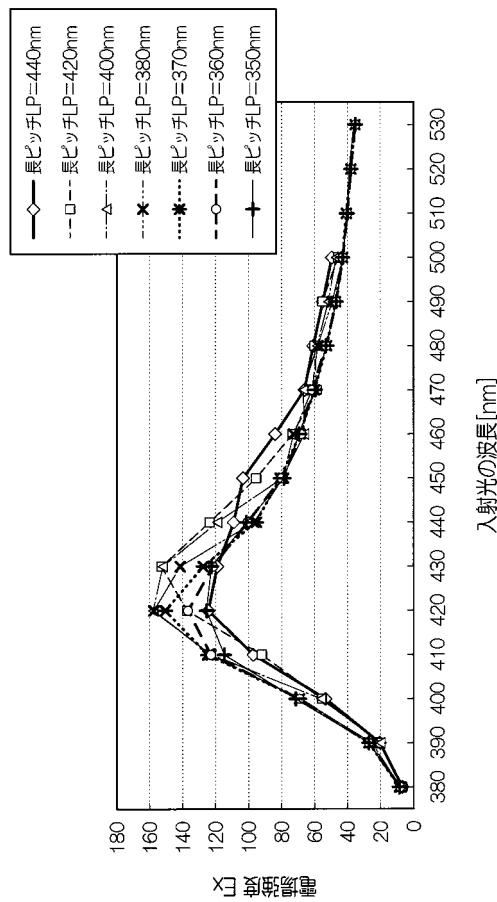
【図5】



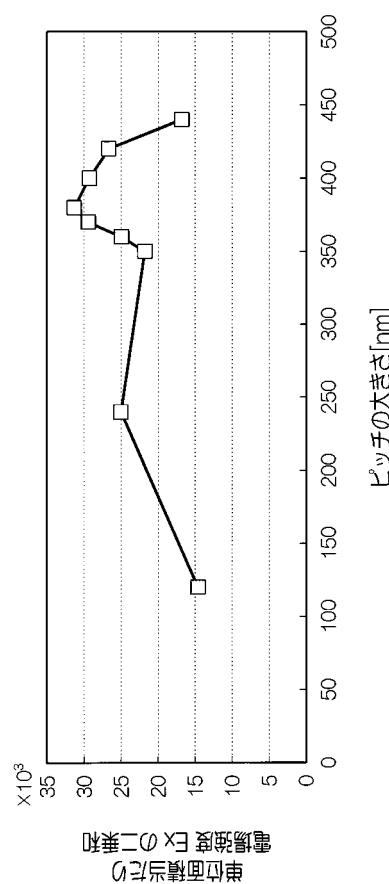
【図6】



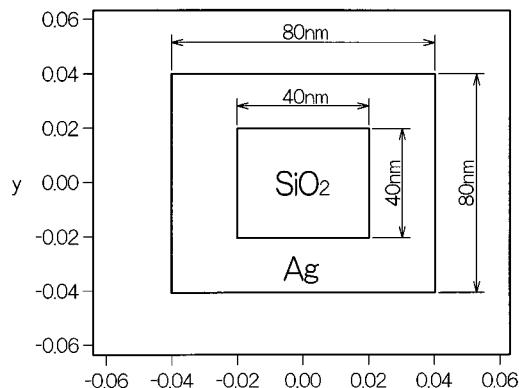
【図7】



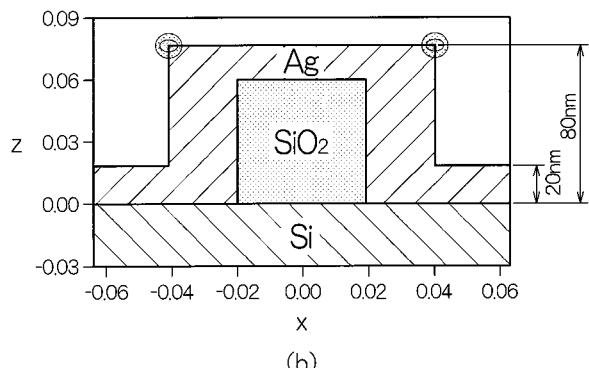
【図8】



【図 9】

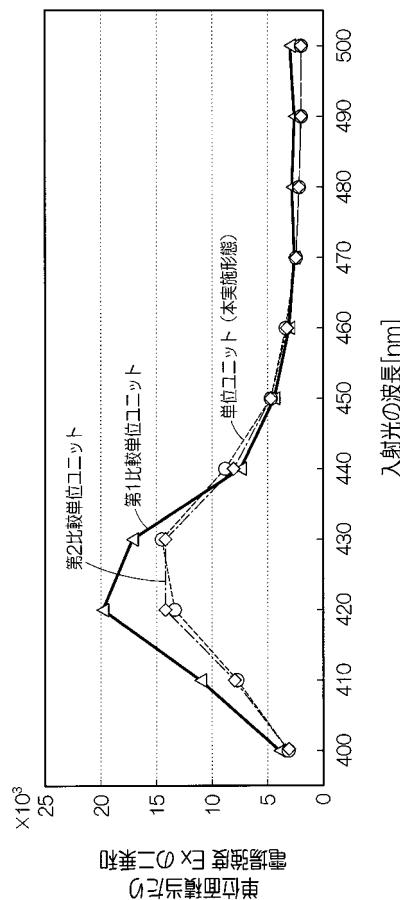


(a)

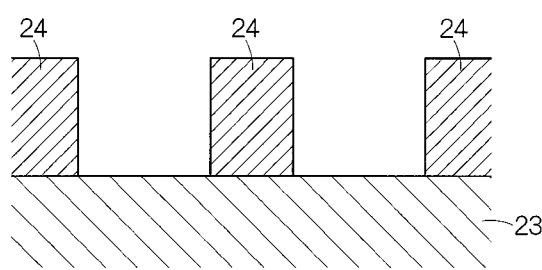


(b)

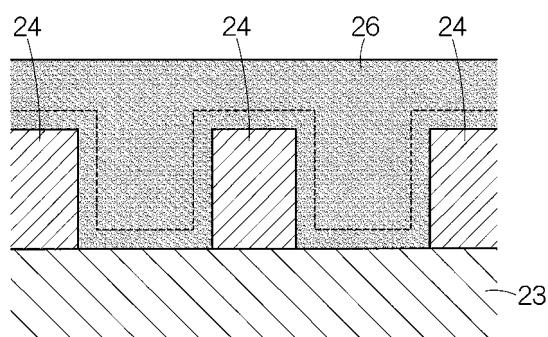
【図 10】

単位面積当たりの電場強度 $E \times 10^3$

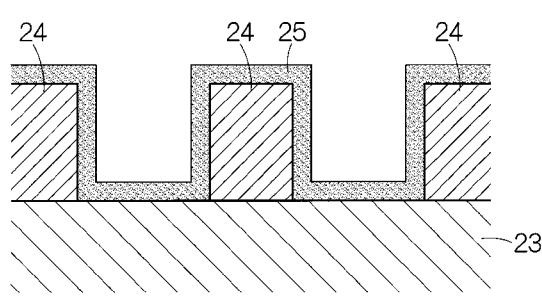
【図 11】



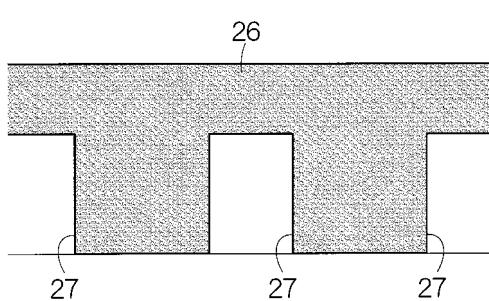
【図 13】



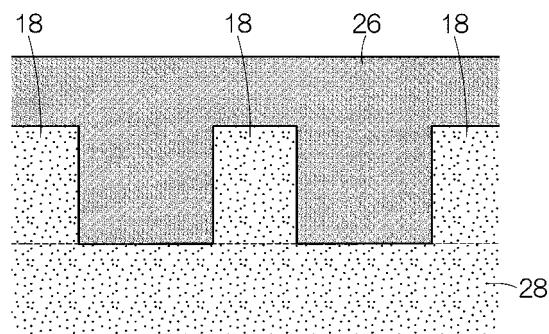
【図 12】



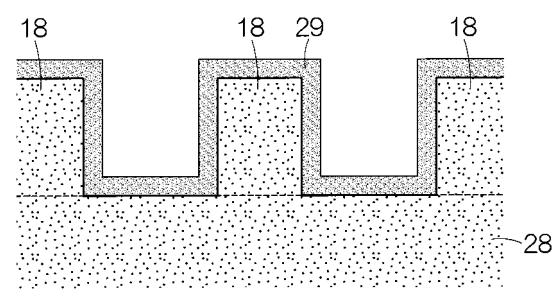
【図 14】



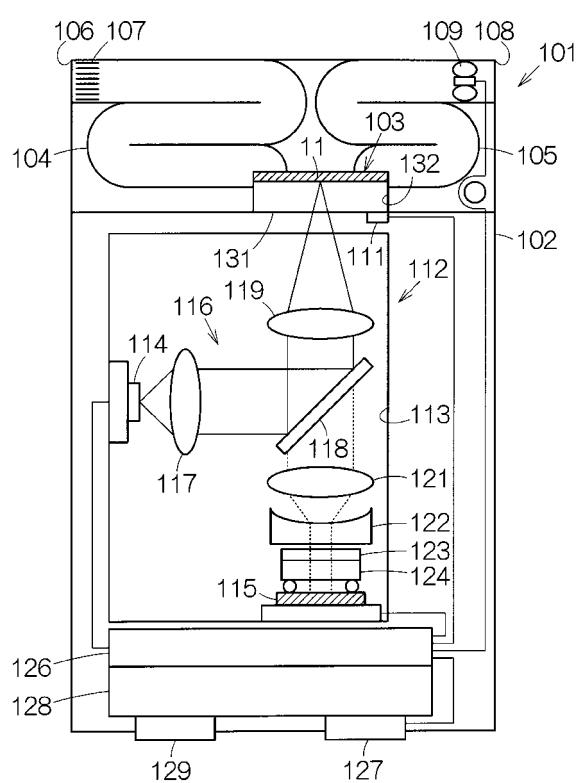
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



フロントページの続き

(72)発明者 小池 秀明

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

F ターム(参考) 2G043 BA17 EA03 GA03 GA07 GB01 CB02 GB03 GB05 GB16 HA01
HA09 JA02 KA09 LA01 NA06