科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２６　年　　５　月　２９　日現在

機関番号：　１７７０１
研究種目：　基盤研究(C)
研究期間：　2011～2013
課題番号：　２３５５０１００

研究課題名（和文）真空蒸着によるアルミニウム薄膜の形態制御技術の開発と各種機能素子への応用

研究課題名（英文）Development of Morphology Control of Aluminum Films by Vacuum Evaporation and Application to Various Functional Devices

研究代表者
肥後　盛秀（HIGO, Morihide）

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号：１０１２８０７７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　4,000,000円、（間接経費）　　1,200,000円

研究成果の概要（和文）：真空蒸着法を用いて，電解コンデンサーや触媒などの機能素子のモデルとなる大きな表面積を持つアルミニウム薄膜を作製する新しい技術を開発した。460～520℃のアルミニウム基板への蒸着により，孤立し直立した直径約1μmの円柱状の微細構造のアルミニウム薄膜を作製した。交流インピーダンス法を用いて電気二重層の容量を測定し平坦なアルミニウム基板と比較したところ，表面積が約2.6倍増加していた。ガラス棒にアルミニウムを15 nm蒸着し，波長400 nmの発光ダイオードとフォトダイオードを用いる表面プラズモン共鳴センサーを用いて，エタノール添加ガソリン中のエタノール濃度の測定を行った。

研究成果の概要（英文）：A new technique for preparing aluminum films having large surface areas and models for functional devices such as electrolytic capacitors or catalysts by vacuum evaporation was developed. The evaporation of aluminum onto heated aluminum substrates at temperatures between 460 and 520 degrees C gave the aluminum films having an isolated and columnar microstructure of standing grains with a diameter of about 1 micrometer. The comparison between the electric double-layer capacities of the aluminum films having the microstructure and the smooth aluminum substrates obtained from AC impedance measurements showed about a 2.6 times increase in the surface area. Concentrations of ethanol in gasoline were measured using an aluminum-deposited surface plasmon resonance-based glass rod sensor. The sensor has the evaporated aluminum film with a thickness of 15 nm and with a light-emitting diode at a wavelength of 400 nm and a photodiode.

研究分野：　化学

科研費の分科・細目：　複合化学・分析化学

キーワード：　真空蒸着　アルミニウム薄膜　表面形態　機能素子　交流インピーダンス法　表面積　表面プラズモンセンサー　エタノール添加ガソリン

１．研究開始当初の背景

金属薄膜の表面はいろいろな形態をしており，その内部とは異なる特異な物性を持っている。室温で真空蒸着したアルミニウム薄膜の表面は不規則な結晶方位を持った無定形の粒子から構成されるが，250～350℃でマイカ上に真空蒸着すると，原子レベルで平坦な面心立方(fcc)構造の(111)表面が得られる。金薄膜においては，473±3℃の狭い温度範囲において原子レベルで平坦なfcc構造の(111)表面が得られる。これらの平坦な薄膜を走査プローブ顕微鏡の基板として用いれば，吸着種の詳細な形態観察が可能となる。また反射分光法の基板やミラーとして用いれば，表面吸着種の高感度測定ができる。金，銀，銅，アルミニウムの数10 nm の薄膜においては，その自由電子の振動であるプラズモン波と入射光との共鳴による表面プラズモン共鳴(SPR)現象が起こり，金属薄膜と接触している試料の屈折率の高感度測定が可能である。

一方で，金や銀などの粗い表面では特異な表面増強現象が起こる。大きな表面積を持つアルミニウム薄膜は電解コンデンサーの容量増加と性能向上につながる。現在その電極は溶液中におけるアルミニウム箔の電気的なエッチングにより，大量の電気と化学薬品を用いて廃棄物を出しながら製造されている。この溶液法による表面積の拡大は限界に達しており，新しい製造方法による表面積の更なる拡大が望まれている。また大きな表面積を持つアルミニウム薄膜は，アルミナ触媒の反応性の向上やクロマトグラフィーの分離素子の性能向上の観点からも重要である。

真空蒸着により作製された金属薄膜の表面形態は構造ゾーンモデルにより説明されてきた。このモデルにおいては蒸着の際の基板温度が重要であり，金属の融点をT_m(K)，基板温度をT(K)とすると，金属によらず低温($T/T_m<0.3$)，中温($0.3<T/T_m<0.5$)，高温($T/T_m>0.5$)において，表面形態はそれぞれ小さな半球状の粒子，マット状，切り子状である。しかし走査型トンネル顕微鏡(STM)や原子間力顕微鏡(AFM)を用いて金属薄膜の表面を高分解能で観察すると，金属により表面形態が異なること，蒸着の際の真空度や蒸着速度，また基板や膜厚などの条件により表面形態が複雑に変化すること，更に特定の温度において原子レベルで平坦な表面が得られることが明らかになってきた。したがって，蒸着条件を厳密に制御して薄膜作製を行い，表面形態を観察して多くのデーターを蓄積していくしかないのが現状である。

以上のように，金属薄膜表面の形態制御とその制御された金属薄膜の利用に関する重要性が明らかであるが，これに関する系統的な研究は行われていない。このテーマは表面科学や材料科学などの広い学術分野と我が国の産業において戦略的に重要であり，今後強力に推進しなければならない。

２．研究の目的

本研究においては，研究代表者がこれまでに確立してきた真空蒸着法による原子レベルで平坦な表面を持つアルミニウム薄膜と金薄膜の作製技術に加えて，大きな表面積を持つ粗い表面形態の金属薄膜を作製する技術を確立する。具体的には，学術及び工業において重要なアルミニウム薄膜において，基板の種類と温度，蒸着速度と膜厚を変化させて薄膜を作製し，基板から孤立し直立した円柱状の微細構造であり，大きな表面積を持つ薄膜を作製する技術の確立を目的とする。

この特異な構造を持つアルミニウム薄膜の表面積を電解質溶液中の電気二重層の容量測定を通して解析し，電解コンデンサーのモデル実験としての有用性を評価した。

アルミニウムをガラス棒に蒸着した SPR センサーを用いる液体屈折率測定装置において，金蒸着ガラス棒 SPR センサーとの性能の比較検討を行った。このセンサーの工業的な利用を目的として，ガソリン中のエタノールの濃度測定に関する基礎研究を行った。

３．研究の方法

液体窒素トラップ付きの 6 インチの油拡散ポンプにより 10^{-6} Torr の高真空に排気された内径 40 cm 高さ 30 cm のステンレス製のベルジャー内において蒸着を行った。アセトンとメタノールで洗浄した各種金属基板を熱電対により温度を測定する銅製のヒーターブロック内に設置して 500℃で 2 時間保った後に，蒸着速度 0.5～10.0 nm/s で膜厚 75～350 nm のアルミニウム薄膜を作製した。温度と膜厚の誤差を±3℃と±1 nm と見積もった。

作製したアルミニウム薄膜の走査型電子顕微鏡(SEM)による形態観察を行い，3000 倍の SEM 画像を ImageJ を用いて解析した。画像解析においては，粒界の明白な粒子を選別して，二軸方向の 0.3～3.0μm の範囲の粒径分布を求めた。

コンデンサーの静電容量が電極の表面積に比例することを利用して，交流インピーダンス法(EIS)により表面積を評価した。幅 5 mm の蒸着アルミニウム薄膜を 0.5 M の硫酸ナトリウム溶液に 5 mm の深さに浸し，カーボンファイバーを対電極として測定を行った。アルミニウムが蒸着されていない基板の裏の静電容量については平坦なアルミニウム基板の静電容量($3.12\pm0.12\,\mu F/cm^2$)を用いた。

アルミニウム薄膜表面の状態分析と表面酸化物の膜厚測定には，Mg K_α線励起によるＸ線光電子分光法(XPS)を用いた。285.0 eV の C 1s のピークを用いて XPS スペクトルのエネルギー補正を行った。

直径 2 mm 長さ 15 cm のガラス棒の中央に膜厚 7～70 nm のアルミニウム薄膜を長さ 10 cm 蒸着し，光源に発光ダイオード(LED)，検出器にフォトダイオード(PD)を用いる SPR センサーシステムを構築し，液体試料の屈折率変化に対する透過光強度を測定した。

４．研究成果

(1) 各種金属基板上のアルミニウム薄膜

アルミニウム，金，銀，銅，鉄，ステンレス，ニッケル，チタン，モリブデン，タングステン基板上に，室温，400，500℃において蒸着速度2.0 nm/sで膜厚150 nmのアルミニウム薄膜を作製し，SEMを用いてその表面を観察した結果，室温では平坦であるが，高温では基板金属の違いにより固有の表面形態を持つことが分かった。500℃のアルミニウム基板において，図１に示すように目的とする明確に孤立し直立した直径約1μmの粒子形態の薄膜を作製することができた。



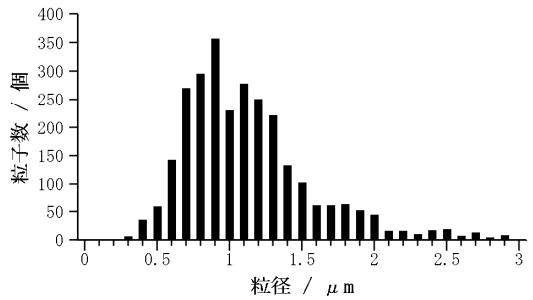


図１　アルミニウム基板上に 500℃で作製したアルミニウム薄膜の 6000 倍の SEM 写真と 3000 倍の SEM 写真から求めた粒径分布

(2) 各種条件で作製したアルミニウム基板上のアルミニウム薄膜

基板温度 450～520℃, 蒸着速度 2.0 nm/s, 膜厚 150 nm の蒸着条件において，表１に示すように孤立し直立した直径約 1μm の粒子形態の薄膜を作製することができた。SEM 写真の画像解析により粒径分布を求めて表面積の増加率を計算したところ約 1.5 倍であった。しかし，EIS による値は 460～520℃において約 2.6 倍であり，蒸着アルミニウム薄膜には SEM 画像には現れない微細な構造が存在し，これが表面積の増加に寄与していることが分かった。

基板温度 500℃において，蒸着速度 0.5～10.0 nm/s と膜厚 150 nm の条件で作製した薄膜も同様の形態と表面積の増加率であった。アルミニウム薄膜表面に存在する 2～4 nm のアルミナ絶縁層については，EIS による表面積測定には無関係であった。500℃で作製した膜厚 220 と 300 nm の薄膜において，膜厚の増加による表面積の増加を期待したが，それらの平均粒径と EIS による表面積の増加率はそれぞれ 1.54，1.76μm と 2.76，2.62 であり，粒子同士の合体による粒子数の減少のために表面積は増加しなかった。更に膜厚 350 nm においては粒子同士の合体が進み，粒径解析ができなかった。

表１　各種温度で作製したアルミニウム基板上のアルミニウム薄膜の平均粒径と表面積の比，及び静電容量と表面積の比

温度 (℃)	平均粒径と表面積の比 (μm)	(－)	静電容量と表面積の比 (μF/cm^2)	(－)
520	0.99	1.57	8.07	2.59
500	1.11	1.48	8.37	2.68
480	1.09	1.49	8.24	2.64
460	1.09	1.53	8.31	2.66
450	1.24	1.47	7.38	2.37
83			3.04	0.98
25			3.34	1.07

(3) アルミニウム蒸着ガラス棒 SPR センサー

アルミニウムを蒸着したセンサーの試料の屈折率変化に対する感度は小さいが，金や銀とは異なり，紫外から赤外までの広い波長範囲の光に応答する特性を持っている。したがって，LED の発光波長を選択することにより，分析対象に最適の応答特性を持つセンサーシステムを構築できることが分かった。

イソオクタンをガソリンのモデル物質として使用し，アルミニウムを 15 nm 蒸着したセンサーにおいて，波長 400 nm の LED を用いて図２に示すように 0～10%(E10)のエタノール濃度における良好な応答を得た。

しかし，実際のガソリンの測定においては応答の変動があり直接使用は困難であった。ガソリンに浸漬したアルミニウム薄膜の XPS による表面分析の結果，亜鉛を含む何らかのガソリンの含有物質の吸着が確認された。したがって，このセンサーを長期間安定に繰り返し使用するためには，その表面処理による吸着物の排除が必要であることが分かった。

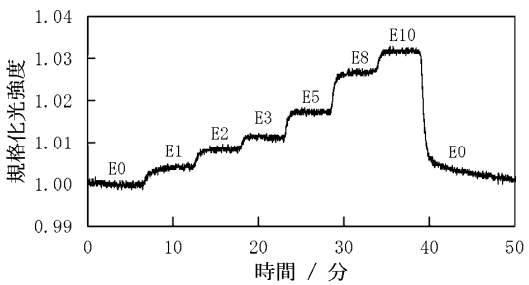


図２　アルミニウムを 15 nm 蒸着したガラス棒 SPR センサーによるイソオクタン中のエタノールに対する応答

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計１６件）

① 満塩 勝，向野 孝幸，肥後 盛秀，テフロン®AF1600 被覆金蒸着 SPR 光ファイバーセンサーによる醸造酒中のエタノール濃度の選択的測定，分析化学，査読有，63(5)，2014，365-370，http://www.jsac.jp/node/47，(5 月)

② Masaru Mitsushio，Takuro Masunaga，Morihide Higo，Theoretical Considerations on the Responses of Gold-Deposited Surface Plasmon Resonance-Based Glass Rod Sensors Using a Three-Layer Fresnel Equation，Plasmonics，査読有，9(2)，2014，451-459，DOI: 10.1007/s11468-013-9643-6，(4 月)

③ 満塩 勝，肥後 盛秀，表面プラズモン共鳴に基づく金属蒸着光ファイバーセンサー，分析化学，査読有，61(12)，2012，999-1011，http://www.jsac.jp/node/47，(12 月)

④ 肥後 盛秀，第 72 回分析化学討論会(2012 年，鹿児島)，ぶんせき，査読無，(9)，2012，530-531，http://www.jsac.or.jp/bunseki/bunseki.html，(9 月)

⑤ Masaru Mitsushio，Morihide Higo，Properties of a Gold-Deposited Surface Plasmon Resonance-Based Glass Rod Sensor with Various Light-Emitting Diodes and Its Application to a Refractometer，Optics Communications，査読有，285(18)，2012，3714-3720，DOI:10.1016/j.optcom.2012. 04. 043，(8 月)

⑥ 肥後 盛秀，18 年前の思い出，日本分析化学会九州支部若手の会 30 周年記念誌，査読無，2012，7-7，(7 月)

⑦ 満塩 勝，加治屋 良二，肥後 盛秀，中武 貞文，ケビン ショールス，国の制度が取り持った「産」と「学」の技術開発，第 72 回分析化学討論会「展望とトピックス」，査読無，2012，6-6，http:// www.jsac.jp/，(5 月)

⑧ 肥後 盛秀，高感度金属蒸着光ファイバーSPR バイオセンサーシステムの開発，JST Miyazaki News，査読無，14，3-4，2011，http://www.miyazaki-jst-satellite.jp/，(6 月)

⑨ 満塩 勝，金属蒸着光ファイバーSPR 屈折率センサーを用いるガソリン中のバイオエタノール分析法の開発，JST Miyazaki News，査読無，14，3-4，2011，http://www.miyazaki-jst-satellite.jp/，(6 月)

〔学会発表〕（計５４件）

① 肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒 SPR センサーの開発【依頼講演】，日本分析化学会第 62 年会，近畿大学東大阪キャンパス，I3005S，講演要旨集 p.160，2013 年 9 月 12 日

② 平山 雄太，満塩 勝，肥後 盛秀，久保臣悟，大園 義久，金属蒸着ガラス棒センサーの利用に関する研究(6)；エタノール添加ガソリン用のエタノール濃度センサーの開発，日本分析化学会第 62 年会，近畿大学東大阪キャンパス，I3006，講演要旨集 p.160，2013 年 9 月 12 日

③ 竹之下 賢太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(16)；テフロン AF 系被覆膜における試料の分子構造と選択性の関係，日本分析化学会第 62 年会，近畿大学東大阪キャンパス，I3007，講演要旨集 p.161，2013 年 9 月 12 日

④ 須藤 直樹，満塩 勝，肥後 盛秀，高橋浩三，表面プラズモン共鳴センサーの利用に関する研究(4)；波長共鳴型 SPR 装置を用いたテフロン AF 系被覆膜による選択性の評価，日本分析化学会第 62 年会，近畿大学東大阪キャンパス，I3008，講演要旨集 p.161，2013 年 9 月 12 日

⑤ 坂本 啓輔，満塩 勝，肥後 盛秀，高橋浩三，表面プラズモン共鳴センサーの利用に関する研究(3)；波長共鳴型 SPR 装置を用いた金属薄膜の誘電率の評価，日本分析化学会第 62 年会，近畿大学東大阪キャンパス，Y1046，講演要旨集 p.247，2013 年 9 月 10 日

⑥ 増永 卓朗，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(15)；２種金属における応答特性の検討，日本分析化学会第 62 年会，近畿大学東大阪キャンパス，Y1047，講演要旨集 p.248，2013 年 9 月 10 日

⑦ Takuro Masunaga，Masaru Mitsushio，Morihide Higo，Studies on Control of Response Properties of Metal-Deposited SPR Glass Rod Sensors，The Twelfth Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XII)，Maidashi Campus of Kyushu University，1L-P060，2013 年 8 月 22 日

⑧ Masaru Mitsushio，Takuro Masunaga，Morihide Higo，Theoretical Considerations on the Response Curves of Metal-Deposited SPR Glass Rod Sensors Using a Three-Layer Fresnel Equation，The Twelfth Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XII)，Maidashi Campus of Kyushu University，1L-P061，2013 年 8 月 22 日

⑨ 満塩 勝，竹之下 賢太，須藤 直樹，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(14)；テフロン AF 系被覆膜における選択性の検討，第 73 回分析化学討論会，北海道大学函館キャンパス，P1028，講演要旨集 p.208，2013 年 5 月 19 日

⑩ 増永 卓朗，平山 雄太，満塩 勝，肥後盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(13)；金の膜厚分布と入射光の角度範囲の応答への影響，第 73

回分析化学討論会，北海道大学函館キャンパス，Y1066，講演要旨集 p.161，2013 年 5 月 18 日

⑪ 肥後 盛秀，満塩 勝，液中の物質を検出する選択性を持った金属蒸着 SPR ガラス棒センサー，鹿児島大学・産総研関西センター研究シーズ連携発表会，大阪科学技術センター，2013 年 1 月 28 日

⑫ 肥後 盛秀，金属薄膜表面の形態観察と状態分析に関する研究紹介，鹿児島地域での太陽光発電研究会，鹿児島大学産学官連携推進センター，2012 年 10 月 31 日

⑬ 増永 卓朗，平山 雄太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(11)；センサー特性の制御に関する基礎研究，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，K3003，講演要旨集 p.224，2012 年 9 月 21 日

⑭ 内山 瑛，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの利用に関する研究(4)；エンジンオイルの燃料希釈センサーシステムの構築に関する研究，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，K3004，講演要旨集 p.224，2012 年 9 月 21 日

⑮ 林田 将充，満塩 勝，肥後 盛秀，大園 義久，走査型電子顕微鏡とＸ線光電子分光法によるアルミニウム基板上に真空蒸着したアルミニウム薄膜の形態観察及び状態分析，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，G1005，講演要旨集 p.128，2012 年 9 月 19 日

⑯ 松井 章紀，満塩 勝，肥後 盛秀，大園 義久，高分解能Ｘ線光電子分光法による酸素グロー放電酸化銀薄膜の状態分析，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，G1006，講演要旨集 p.128，2012 年 9 月 19 日

⑰ 須藤 直樹，満塩 勝，肥後 盛秀，表面プラズモン共鳴センサーの利用に関する研究(2)；テフロン AF 系選択膜の応答特性に関する基礎研究，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，Y1021，講演要旨集 p.321，2012 年 9 月 19 日

⑱ 竹之下 賢太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(12)；テフロン AF 系被覆膜を用いたアルコール類の選択的検出に関する基礎研究，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，Y1022，講演要旨集 p.321，2012 年 9 月 19 日

⑲ 平山 雄太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの利用に関する研究(5)；金あるいはアルミニウム薄膜を利用したエタノール添加ガソリン用濃度センサー，日本分析化学会第 61 年会，金沢大学角間キャンパス，Y1023，講演要旨集 p.322，2012 年 9 月 19 日

⑳ 須藤 直樹，満塩 勝，肥後 盛秀，表面プラズモン共鳴センサーを利用したテフロン AF2400 薄膜の選択性に関する基礎研究，第 30 回九州分析化学若手の会夏季セミナー，休暇村指宿，P32，講演要旨集 P.32，2012 年 7 月 27 日

㉑ 竹之下 賢太，満塩 勝，肥後 盛秀，テフロン AF 系選択膜層を追加した金蒸着 SPR ガラス棒センサーの水溶液系における応答特性に関する基礎研究，第 30 回九州分析化学若手の会夏季セミナー，休暇村指宿，P33，講演要旨集 P.33，2012 年 7 月 27 日

㉒ 平山 雄太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーを利用したエタノール添加ガソリン用濃度センサー，第 30 回九州分析化学若手の会夏季セミナー，休暇村指宿，P34，講演要旨集 P.34，2012 年 7 月 27 日

㉓ 満塩 勝，加治屋 良二，肥後 盛秀，中武 貞文，ケビン ショールス，科学技術振興機構の支援制度を活用した産学連携の事例；金蒸着ガラス棒 SPR センサーを利用したエンジンオイルの燃料希釈計測法の開発，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，A1005，講演要旨集 p.3，2012 年 5 月 19 日

㉔ 松井 章紀，満塩 勝，肥後 盛秀，大園 義久，高分解能Ｘ線光電子分光法による酸素グロー放電により表面改質された銀薄膜の状態分析，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1021，講演要旨集 p.133，2012 年 5 月 19 日

㉕ 林田 将充，高吉 悠治，満塩 勝，肥後 盛秀，大園 義久，走査型電子顕微鏡による各種金属基板上に真空蒸着した金，銀，銅，アルミニウム，チタニウム薄膜の形態観察，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1022，講演要旨集 p.133，2012 年 5 月 19 日

㉖ 須藤 直樹，満塩 勝，肥後 盛秀，表面プラズモン共鳴センサーの利用に関する研究(1)；テフロン AF 系の薄膜を用いた選択性に関する基礎研究，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1048，講演要旨集 p.146，2012 年 5 月 19 日

㉗ 内山 瑛，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの利用に関する研究(3)；エンジンオイルの燃料希釈センサーシステムに関する基礎研究，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1049，講演要旨集 p.146，2012 年 5 月 19 日

㉘ 増永 卓朗，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(8)；ガラス棒内における透過光が応答に与える影響，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1050，講演要旨集 p.147，2012 年 5 月 19 日

㉙ 平山 雄太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属

蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(9)；金属薄膜の蒸着形態の違いが応答特性に与える影響，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1051，講演要旨集 p.147，2012 年 5 月 19 日

㉚ 竹之下 賢太，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(10)；テフロン AF 系を用いた揮発性物質選択膜に関する基礎研究，第 72 回分析化学討論会，鹿児島大学郡元キャンパス，Y1052，講演要旨集 p.148，2012 年 5 月 19 日

㉛ 林田 将充，中澤 貴士，満塩 勝，肥後 盛秀，堀江 雄二，大園 義久，走査型電子顕微鏡と交流インピーダンス法によるアルミニウム基板上に真空蒸着したアルミニウム薄膜の形態観察，日本分析化学会第 60 年会，名古屋大学東山キャンパス，P3010，講演要旨集 p.295，2011 年 9 月 16 日

㉜ 松井 章紀，満塩 勝，肥後 盛秀，大園 義久，X 線光電子分光法による酸素グロー放電により表面改質された銀薄膜の状態分析，日本分析化学会第 60 年会，名古屋大学東山キャンパス，P3013，講演要旨集 p.296，2011 年 9 月 16 日

㉝ 満塩 勝，森崎 真司，肥後 盛秀，大園 義久，金属蒸着ガラス棒センサーの利用に関する研究(2)；Al 薄膜を利用したエタノール添加ガソリン用濃度センサー，日本分析化学会第 60 年会，名古屋大学東山キャンパス，P3105，講演要旨集 p.319，2011 年 9 月 16 日

㉞ 増永 卓朗，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(6)；金の蒸着面積およびガラス棒径が応答に与える影響，日本分析化学会第 60 年会，名古屋大学東山キャンパス，P3106，講演要旨集 p.319，2011 年 9 月 16 日

㉟ 内山 瑛，満塩 勝，肥後 盛秀，金属蒸着ガラス棒センサーの応答機構に関する研究(7)；多層フレネル等式を利用したセンサーの応答特性の理論的予測，日本分析化学会第 60 年会，名古屋大学東山キャンパス，P3107，講演要旨集 p.320，2011 年 9 月 16 日

㊱ 南 紀彦，満塩 勝，肥後 盛秀，大園 義久，X 線光電子分光法による酸素グロー放電酸化金薄膜の保存に関する研究，日本分析化学会第 60 年会，名古屋大学東山キャンパス，L1008，講演要旨集 p.248，2011 年 9 月 14 日

㊲ Masaru Mitsushio, Morihide Higo, Sensor Properties of Metal-Deposited SPR Glass Rods with Au, Ag, and Al, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011, Kyoto International Conference Center, ICAS11-P0405, Abstracts 23P176, 2011 年 5 月 22 日

〔図書〕（計４件）

① 肥後 盛秀，公益社団法人 日本分析化学会，第 72 回分析化学討論会「展望とトピックス」，2012，総ページ数: 38，(5 月)

② 肥後 盛秀，高感度金属蒸着光ファイバーSPR バイオセンサーシステムの開発，JST イノベーションサテライト宮崎研究成果報告書，2012，総ページ数:274，107-107，(1 月)

③ 満塩 勝，金属蒸着光ファイバーSPR 屈折率センサーを用いるガソリン中のバイオエタノール分析法の開発，JST イノベーションサテライト宮崎研究成果報告書，2012，総ページ数:274，185-185，(1 月)

〔産業財産権〕

○出願状況（計１件）

名称：アルミニウム薄膜及びその製造方法，電解コンデンサ，触媒金属膜，並びに分離素子
発明者：肥後 盛秀，満塩 勝
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2011-189748，特開 2012-72495
出願年月日：2011 年 8 月 31 日
国内外の別：国内

○取得状況（計１件）

名称：屈折率センサ及びその製造方法
発明者：肥後 盛秀，満塩 勝
権利者：同上
種類：特許
番号：特許第 5013429 号
取得年月日：2012 年 6 月 15 日
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等
http://cb.apc.kagoshima-u.ac.jp/~higolabo/

６．研究組織

(1)研究代表者

肥後 盛秀（HIGO, Morihide）
鹿児島大学・理工学研究科・教授
研究者番号：１０１２８０７７

(2)研究分担者

吉留 俊史（YOSHIDOME, Toshifumi）
鹿児島大学・理工学研究科・准教授
研究者番号：６０２５３９１０

満塩 勝（MITSUSHIO, Masaru）
鹿児島大学・理工学研究科・助教
研究者番号：７０３７２８０２