

平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「プラズマスプレー気相メッキ法による高性能環境センサ生産プロセス開発」

研究開発成果等報告書

平成21年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 特定非営利活動法人 JRCM産学金連携センター

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

1-2-1 研究組織及び管理体制

1-2-2 研究員及びプロジェクト関係者

1-3 成果概要

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

第2章 本論

2-1 半導体機能素子(センサ)に向けた誘導熱プラズマ装置機構の開発

2-2 材料供給技術の開発

2-3 半導体素子機能を発揮する材料調製技術の開発

2-4 半導体素子の特性評価技術の開発

第3章 全体総括

第1章 研究開発の概要

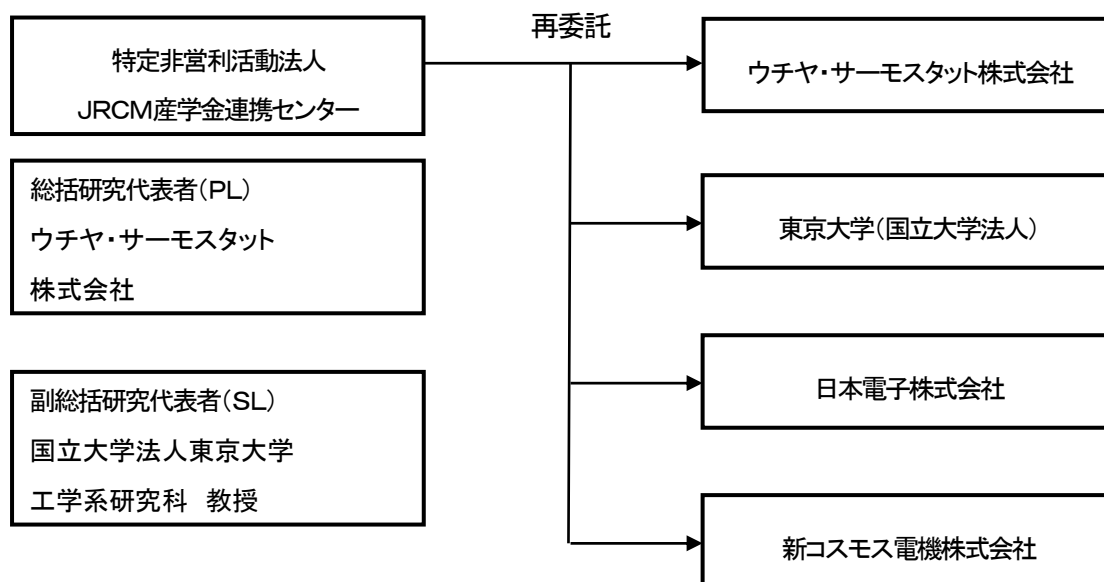
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

誘導熱プラズマスプレーを応用した新気相メッキ技術により、化学物質に対するセンシング性能を飛躍的に高めた金属酸化物ナノ粒子構造膜を形成し、情報家電を支える環境センサとする。この新しい機能膜の生産プロセスを確立するためにプラズマ制御技術、材料最適化技術、膜構造設計技術などの要素技術を開発し、川下企業と協力して環境センサへ応用する。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織及び管理体制

(1) 研究組織(全体)



1-2-2 研究員及びプロジェクト関係者

氏名	所属・役職	備考
打矢 正雄	ウチヤ・サーモスタット株式会社 代表取締役	委 P L 委 委 委 S L 委 委
田中 春夫	ウチヤ・サーモスタット株式会社 常務	
中村 清純	ウチヤ・サーモスタット株式会社 研究部 部長	
飯塚 和幸	ウチヤ・サーモスタット株式会社 研究部 課長代理	
城本 一郎	ウチヤ・サーモスタット株式会社 研究部	
小杉 天敏	ウチヤ・サーモスタット株式会社 研究部	
吉田 豊信	東京大学工学部工学系研究科 マテリアル工学専攻 教授	
神原 淳	東京大学工学部工学系研究科 マテリアル工学専攻 講師	
江口 敬祐	東京大学工学部工学系研究科 マテリアル工学専攻 技官	
斉藤 昌樹	日本電子株式会社 常務執行役員	
佐藤 道雄	日本電子株式会社 産業機器本部 統括副部長	
市川 晴己	日本電子株式会社 産業機器営業本部 産業機器営業第2グループ長	
松山 彰剛	日本電子株式会社 産業機器営業本部 産業機器営業第2グループ副主任	
小牧 久	日本電子株式会社 産業機器営業本部 プラズマチーム主任研究員	
鈴木 健吾	新コスモス電機株式会社 R&D センターコスモス研究所 研究員	
前川 亨	新コスモス電機株式会社 R&D センターコスモス研究所 主任研究員	
皆越 知世	新コスモス電機株式会社 R&D センターコスモス研究所主任研究員	
川端 有香	新コスモス電機株式会社 R&D センターコスモス研究所研究員	
小島 彰	特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター	委 委
伊藤 瑛二	特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター	
佐藤 麻子	特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター	

1-3 成果概要

1-3-1 半導体機能素子（センサ）に向けた誘導熱プラズマ装置機構の開発

1-3-1-1 プラズマ装置開発

高周波誘導熱プラズマスプレー法による1インチ角(24mm角)基板(素子48~100個の集積)を10枚以上設置し成膜できる装置の完成とそれを用い、環境センサとして半導体特性機能を持つ微小(1mm角)領域への成膜法の確立を目標とし開発を行った。18年度電源部、高周波発生部、トーチ部など設計製作した。19年度は真空チャンバー、成膜ステージ部を設計製作した。設計ポイントとして製膜の均一性を高める為にステージの回転&X方向駆動を採用したこと。その成膜ステージがプラズマスプレー成膜時の高温に耐え、かつ均一な温度になりうる冷却方法として成膜ステージを水のシャワーで内部から冷却する方式と回転駆動部の冷却構造、シール構造を工夫し、プラズマスプレー成膜装置として完成度の高いものとなった。20年度は基板内(50ヶ以上集積)と基板多数枚(最大10枚)の同時製膜の確立を目指し環境センサの特性を確認しながらプラズマ製膜各種条件、材料等へのフィードバックを行いながら検証を進めたが、成膜時にできるだけプラズマから基板を外さないほうが温度安定性もあり、材料効率も上がることより、X(左右運動)駆動部において、基板内で収まる範囲±10mm程度が駆動できるよう改造を行った。次章以降の条件や材料などの工夫もあるが、基板内及び多数枚の均一性は確認された。

1-3-1-2 プラズマ条件最適化

環境センサを製作し特性としてVOC感度の高いものを目的とし、同一基板内の抵抗特性が均一にできることを目指した。センサ特性(抵抗、感度)に影響を与えるプラズマスプレー成膜時の各種設定条件パラメータとして電力パワー、ガス成分(アルゴン、酸素、その他)、ガス方向、ガス流量、ステージ駆動(方向、スピード)、チャンバー内圧力、成膜位置などにおき、それらを各種組み合わせた試験を行った。さらに原材料(酸化スズ粉末)の影響も大きい。材料特性によりプラズマ条件もそれに合わせ探索した。プラズマ入力パワーとチャンバー内圧力制御の関係では、パワーが18kW~38kW(現状好ましい23kW付近)で圧力が60~300torr(現状好ましい200torr付近)にあることが判った。プラズマガス成分と成膜後ポストベーキングの設定もセンサ材料組成及び安定性に影響を与えるため、条件と合わせ確認した結果、アルゴン-酸素(9:1)、600℃のベーキングを標準条件とした。

さらにプラズマスプレー気相メッキ法が半導体プロセスなどで多く用いられている基板から成長する膜が可能か挑戦した。プラズマの中で材料が完全蒸発できるよう材料形態を選択し、プラズマも集中できるよう条件設定した結果、様々な形態の膜からの結晶成長を確認できた。これはプラズマスプレー法がスパッタ法や蒸着法ではできない高速での同等の機能性膜の可能性を示すものである。

1-3-2 材料供給技術の開発

プラズマスプレーでのセンサ材料としては酸化第二スズを用い、現有設備の粉末供給装置では一番流動性も安定的に流せるものとして $25\mu\text{m}\sim 53\mu\text{m}$ に分級したものを標準として各種条件試験は行った。センサ感度を上げるには材料粒度としてはさらに小さいものが望ましいが現有設備では安定に流せないため、現設備の部品改造を行い 1g 以下の供給を可能にし、プラズマへの供給状態及びセンサ特性の確認を行った。プラズマ条件評価段階での数ケのセンサ製作及び評価においては $0.25\text{g}\sim 0.5\text{g}/\text{min}$ の条件が好適と判断した。また別方式のハイブリッド式プラズマでの評価では、材料供給量の大小が成膜後の酸化スズ及び金属スズ生成割合を変え、結果としてセンサ特性にも影響を及ぼすことがわかり、供給量設定及びその制御が重要なことが再確認された。

1-3-3 半導体素子機能を発揮する材料調製技術の開発

センサ用材料としての酸化第二スズの市販高純度（99.99%）と塩の状態からの調製品との比較、形態では焼結品、顆粒集合体比較さらに各種添加材の効果確認を行った。高純度品と調製品とのセンサ特性に対する差は少なく、プラズマ内で蒸発かった。焼結品と顆粒集合体では顆粒のほうが完全蒸発しやすいのかナノ粒子化しやすく感度が高いことが判った。添加物効果ではストロンチウム、インジウムがVOCに対するセンサ感度が高く、極微量ホルムアルデヒド（1ppm）にて5以上が測定された。

1-3-4 半導体素子の特性評価技術の開発

プラズマ条件や材料等最適化された環境センサを川下ユーザーにより実機としてのガスクロ型分析装置へ搭載し実用性評価した。結果として既存の市場品にはない 1ppm 以下の微量のアルデヒド類に高い感度をもつことが確認され、商品化への可能性が高くなった。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

法人名：特定非営利活動法人 JRCM産学金連携センター

住所：〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学工学部4号館 マテリアル工学221号室

連絡担当者名・所属役職：伊藤瑛二 産学連携推進部 部長

TEL：03-5841-1507 FAX：03-5841-7105

第2章 本論

2-1 半導体機能素子（センサ）に向けた誘導熱プラズマ装置機構の開発

今年度の目標として素子1個（2mm 以内）の微小面積内での均一で、1 インチ（24mm 角）基板でその中に素子 50～100 個集積したものが、10 枚以上同時成膜を可能とする真空チャンバー部の完成及び成膜ステージを開発し、それを使いセンサ成膜としてのプラズマ条件を最適化することとした。

2-1-1 プラズマ装置開発

今回のプラズマスプレーを利用した成膜は高周波誘導加熱を利用したもののだが、圧力によりプラズマ状態の変化及びその結果として成膜状態が変わることはよく知られており、今回も数 10torr から数 100torr の圧力制御が可能でそれに耐え得るもの、さらにプラズマによる熱の対策を考慮し以下の基本仕様を決め製作し、前年度製作の高周波電源部などと組み合わせ、35kW 高周波誘導熱プラズマ装置（図1）として完成させた。



図1 35kW 高周波誘導熱
プラズマスプレー装置

2-1-2 多数素子成膜の確認

成膜ステージホルダー内の比較、ステージ上のホルダーの位置による比較を行うための試験を行った。まずホルダー内の比較試験を行った。図2にある基板（基板寸法 24mm×24mm 厚み＝0.4mm 基板材質＝アルミナ、電極とヒータはスパッタにより白金で作られている）よりチップを切り出し、ホルダーにチップをセットする。チップのセット位置とプラズマ条件、センサ特性として素子抵抗を測定した結果をグラフに示す。チップのセットは、チップ間のピッチを縦2.5mm×横3mmでセットしプラズマプレーを行った。エージング7日目のセンサ素子抵抗果である。エージング初期であるが、素子抵抗は 11K Ω ～44 K Ω 、平均値 24K Ω と素子抵抗に大きなバラツキはなく、均一な成膜ができているといえる。

今回は基板内範囲を確認する為、素子チップを成膜ホルダーマスク内に個別において成膜したが、マスク形状（穴の数）の変更で数量増しは可能で 24mm 基板内 50 ヶ以上（最大 200 素子程度まで）充分可能であることが判った。

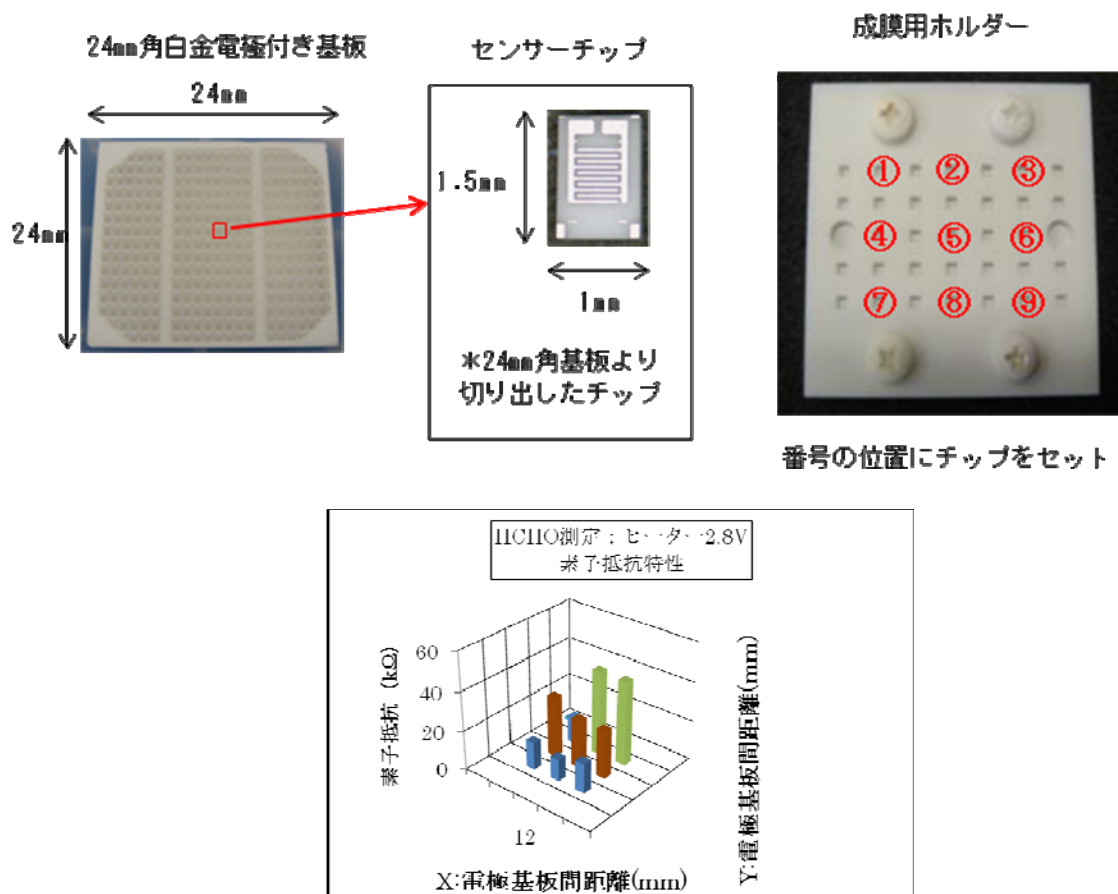


図2 チップ、成膜ホルダーとセンサ特性

次にステージ上のホルダーの位置による比較を行った。センサチップチップは前述と同じ方法で基板より切り出しホルダーにセットした。今回は、各ホルダーにチップを3個セットし成膜を行った（評価サンプル30個）。ステージにチップ成膜用24mm角ホルダーを最大数の10個セット（図3）し、プラズマプレーを行いセンサ特性の評価を行った。

図4は、エージング7日目のセンサ特性評価結果である。前項のマスク内の比較試験と違うプラズマ条件で成膜を行った。素子抵抗 R_{air} は、 $7K\Omega \sim 32K\Omega$ 、平均値 $17K\Omega$ で、と素子抵抗に大きなバラツキはなく、プラズマ条件が変わっても均一な成膜ができているといえる。さらにエージング日数を増すことで、素子抵抗、感度ともにより均一になると考えられる。エージング初期であるが、素子抵抗、感度とも大きなバラツキはなく、均一な成膜ができているといえる。

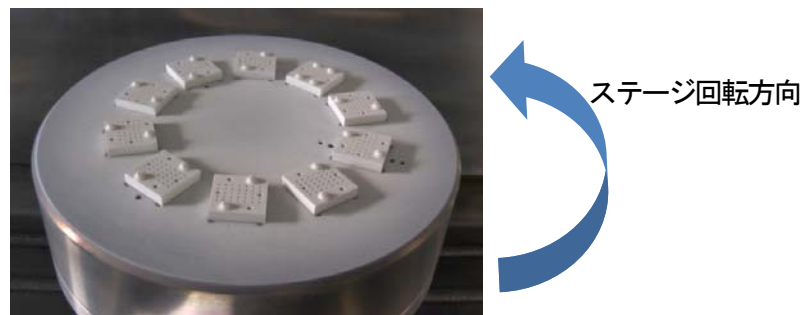


図3 チップ、成膜ホルダーとセンサ特性

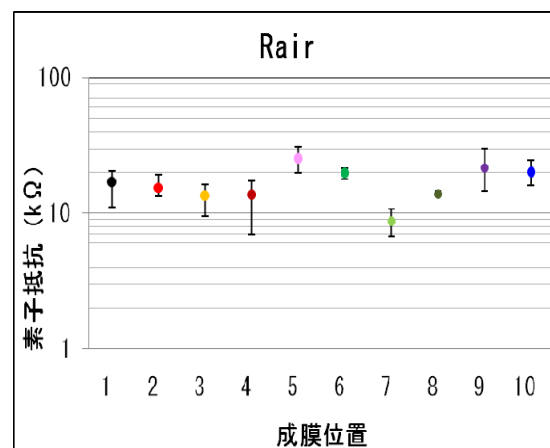


図4 センサ特性

2-1-3. 酸化スズの結晶成長

プラズマスプレー気相メッキ技術を用いて、生成させたい酸化スズ結晶に対して、どのような結晶成長モードを想定し、プロセス設計するかは重要な課題の一つである。一般的な蒸発法、スパッタ法などにおいて気相合成機構の研究は多くされており、気相合成で考えるべき素過程は次の4つであるとされている。^[8]

- ① 化学反応（気相反応、粒子表面反応）
- ② 初期粒子の発生（液状、結晶状の核発生）
- ③ 粒子の成長（粒子表面への単分子の析出や表面反応）
- ④ 凝集（ブラウン運動による粒子同士の衝突、合一）

気相合成ではこれらの素過程が並列的、逐次的に関わりあいながら進行する。結晶の核発生において、気相から固相への相転移の駆動力は化学ポテンシャルの差で決められる。その駆動力の大きさは、そのときの気体の温度における飽和蒸気圧と実際の蒸気圧の比から、過飽和度（過飽和比）として表される。酸化スズ結晶成長を考えた場合、酸化スズ結晶の前駆体そのものが集合して核形成する均一核生成か、他の異質物質（アルミナ基板など）に付着して形成される不均一核生成かで、成長に必要な駆動力も異なる。一般的には、不均一核生成のほうが小さな駆動力で容易に進行する。このような成長機構・成長速度の違いにより結晶のモルフォロジーは異なる。

半導体式ガスセンサで説明される粒界伝導モデルにおいて、粒子径と空間電荷層厚みとの比が2以下になると感度が急上昇する酸化物一次粒子効果^[9]があり、微細なナノ粒子の製作がセンサ開発の指針とされることがある。しかし、従来のセンサ性能を大幅に向上させるには、これまでのプロセスでは製作できない形状・構造の金属酸化物を、プラズマスプレー気相メッキ技術を用いて創製することで、性能を飛躍的に向上させることも考えられる。

プラズマスプレーにおける粒子の凝縮過程において、前述した結晶成長過程を考慮し、プロセス設計して堆積させた酸化スズ膜の一例を次に示す。図5に示すのは、アルミナ基板上に堆積させた膜の断面図である。アルミナ基板上から柱状に成長した結晶が見られるが、これをEDS（エネルギー分散型X線回折装置）にて元素分析を行った結果、酸化スズであることが証明された。詳細分析は未実施であるが、ある優先成長方位を持つものと考えられる。

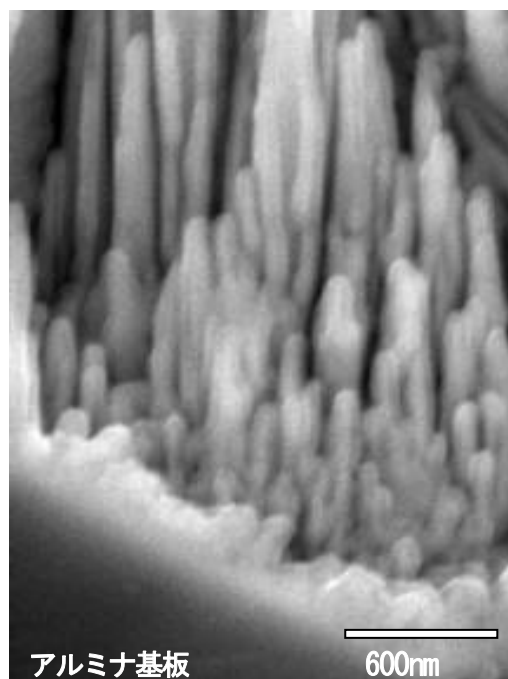


図5 柱状酸化スズのSEM像

また、図6は、ファセット成長させた例である。ある条件を満たしたときにこのような成長を行うことができる。これもある優先成長面が存在し、その方位に成長を進行させたものと考えられる。

これらの特異的な組織を、高スループットで製作できたのは、プラズマスプレー気相メッキ技術の特徴を最大限に活かした結果であり、酸化スズ環境センサの開発だけでなく、様々なデバイス、生産プロセスに応用し、従来に得られなかった性能を引き出す可能性のある基本プロセス技術であると考えられる。

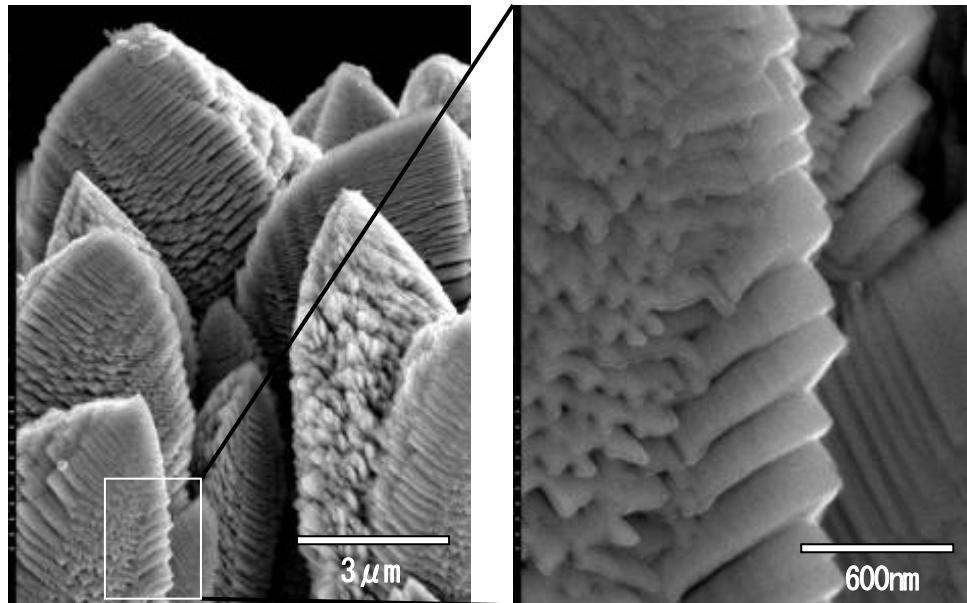


図6 ファセット成長した酸化スズ

【参考文献】

- [7] Thermal Plasmas Fundamentals and Applications Volume 1, Maher I. Boulos, et al.
- [8] 小宮山宏、超微粒子製造の反応工学、化学総説 超微粒子、日本化学会編、学会出版センター、109 (1996)
- [9] 島ノ江憲剛、山添昇、セラミックス、44 No. 2, 80 (2009)

2-2. 材料供給技術の開発

2-2-1 プラズマ成膜材料酸化スズの検討

プラズマスプレー材料としてそれぞれ形状、製法の違う酸化スズ材料Aと材料Bを用い、プラズマ成膜を行い、試作したセンサの表面を観察した像（SEM像）を図8に示す。SEM像を見ると、材料Aは、蒸発していない原料がそのままセンサ基板上に堆積されるものがあり、粒子が大きいまま存在している。それに対し、材料Bのものは微細な粒子が均一に堆積されている。材料Bは、材料Aと比較してプラズマでの蒸発に有利で、蒸発した粒子が再凝集した結果、非常に微細な粒子としてセンサ基板上に堆積されたものと考えられ、今回の結果より材料Bのほうが好ましい材料といえる。

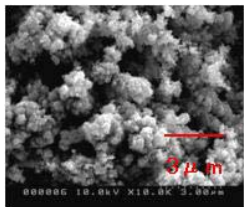
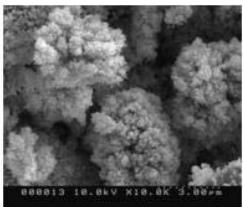
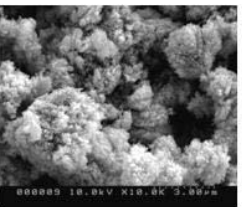
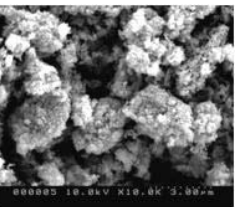
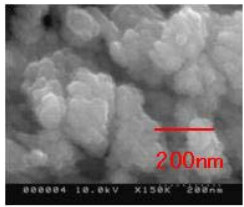
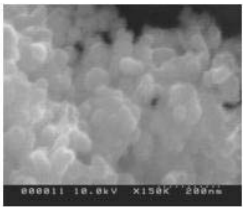
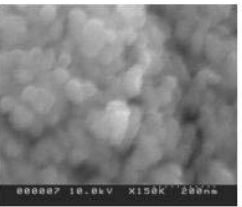
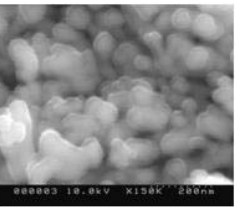
原料	材料B	材料A		
粒子径		< 10 μm (粉碎品)	< 25 μm (分級品)	25~53 μm (分級品)
堆積膜 SEM像 1万倍				
堆積膜 SEM像 15万倍				

図8 センサ膜のSEM像

2-2-2 粒子径とセンサ特性評価

エージング（ヒータ電圧 3.2V にて連続通電）1日後のセンサ特性評価を行った結果を表1に示す。また、この結果から算出したセンサ感度 ($R_{\text{air}}/R_{\text{gas}}$) とX線回折分析から算出した結晶子（粒子のサイズ）の大きさの相関関係を図9に示す。この中では、材料Bが他と比較してプラズマ中での蒸発に有利で、完全蒸発もしくは完全蒸発に近い状態になり、非常に微細な粒子としてセンサ基板上に堆積されたものと考えられる。非常に小さい微粒子の膜は、比表面積が大きく、ガスと酸化スズ表面に吸着した酸素との反応性が優れる。

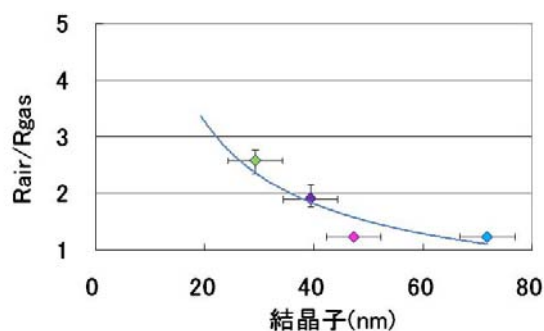


図9 結晶子とセンサ感度 (R_{air}/R_{gas})

2-3. 半導体素子機能を発揮する材料調製技術の開発

2-3-1 添加物効果

添加物効果を確認する為、成膜後の添加法にて添加物効果を確認した。プラズマスプレー成膜後に触媒を添加する方法として、含浸法（添加する金属イオンが入った金属水溶液を含浸漬させることで添加する方法）を用いた。含浸後、センサを大気中にて 600°C アニール処理を施し、酸化スズへの添加物は金属酸化物とした。

原料は酸化第二スズ：前章の材料A（篩にて分級したもの）を触媒添加センサ試作評価用の標準材料とした。プラズマスプレー成膜は前述の2-1 項にて最適化した条件を選択した。

触媒添加候補として、以下10種類の金属酸化物 (Al_2O_3 , SrO , ZnO , In_2O_3 , Sb_xO_y , BaO , La_2O_3 , Pd , Pt , Au) を酸化スズ膜に各2mol%含浸法にて添加したセンサを作製した。図10、その内幾つかのセンサ膜表面のSEM像である。

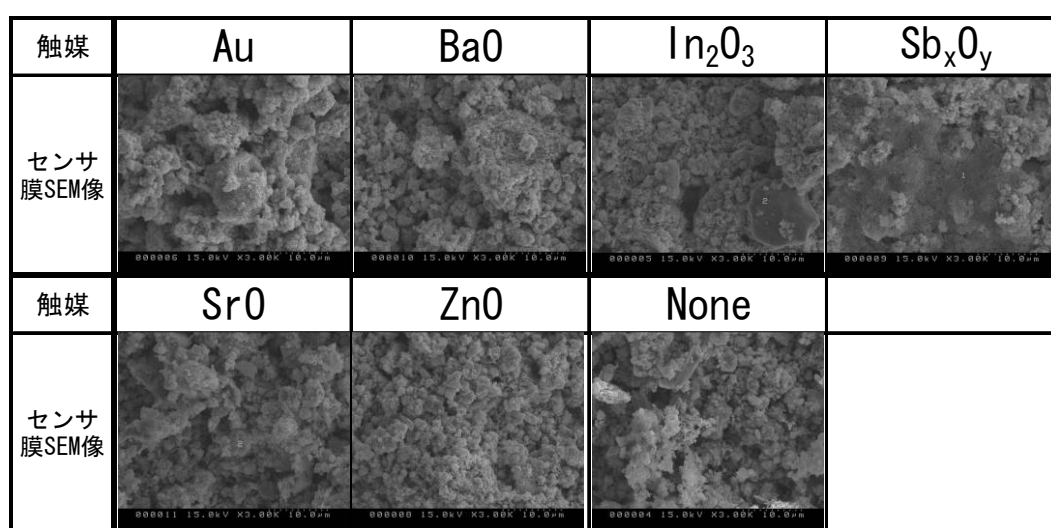


図10 成膜後含浸センサ膜のSEM像（150倍）

次に、ガスセンサ評価を行った。図 11、図 12、VOC ガス：ホルムアルデヒド又はアセトアルデヒドをそれぞれ 1ppm 中にて評価したときのエージング（ヒータ電圧 3.2V にて連続通電）1 日後のセンサ特性である。（Au 添加については 10MΩ 近くの高抵抗で殆ど感度を示さなかった。）

センサ素子抵抗 (R_{air} & R_{gas}) は、いずれも無添加と比較して素子抵抗は高くなっている。センサ感度は貴金属 (Pd, Pt, Au) 以外では、センサ感度に変化がみられる。

ホルムアルデヒドに初期感度が高いのは $SrO > BaO > Al_2O_3 > In_2O_3 >$ その他。

アセトアルデヒドに初期感度が高いのは $In_2O_3 > BaO > La_2O_3 > SrO >$ その他。

ここで、貴金属 (Pd, Pt, Au) がホルムアルデヒド等に感度を示していないのは、添加量が 2mol% で多かったと推測され、堆積膜表面にて強く酸化触媒として働いた結果、電気伝導率変化に大きく影響する電極近傍まで、被検ガスが拡散しなかったためと考えられる。

ここまでで、成膜後含浸法による添加物効果はプラズマスプレー成膜に有効であることを確認できた。この中でも特に酸化インジウム (In_2O_3) 添加は低濃度ホルムアルデヒドに対して高感度であった。

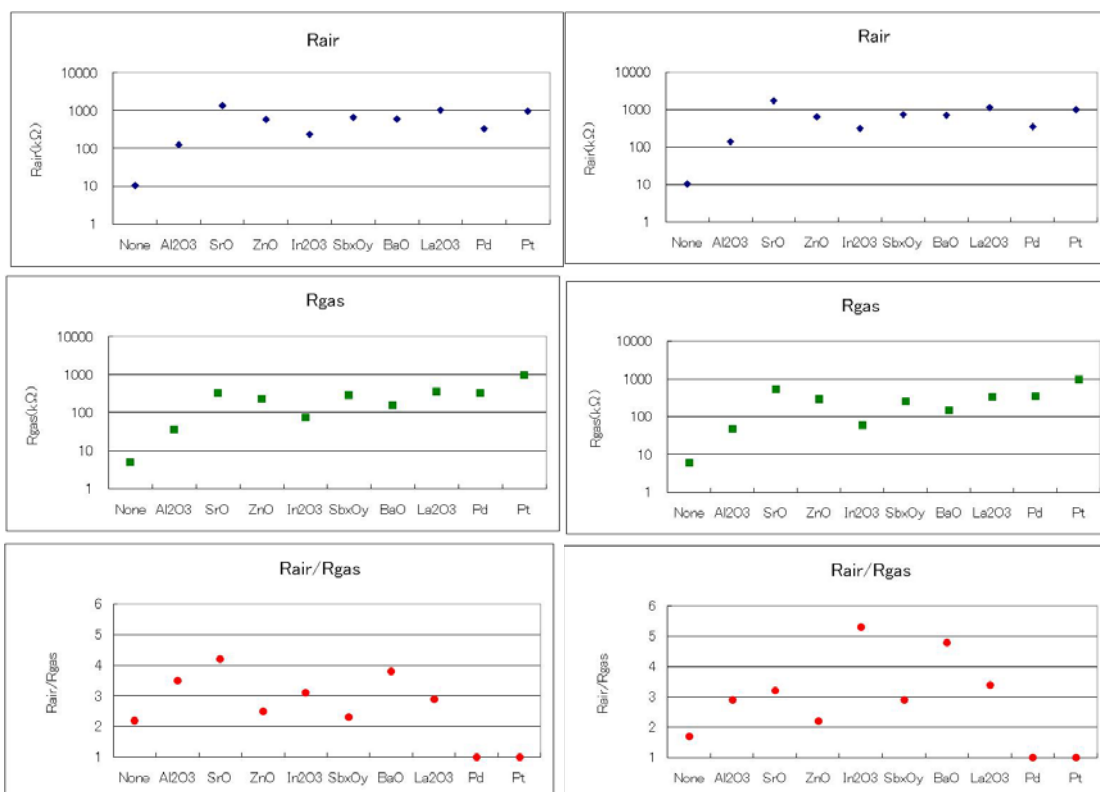


図 11 成膜後含浸ガスセンサ (HCHO 1ppm)

図 12 成膜後含浸ガスセンサ (CH_3CHO 1ppm)

2-4. 半導体素子構造の設計技術の開発

2-4-1 センサの実用性評価

これまでの検討の結果、 SnO_2 に In_2O_3 を添加した感応膜がホルムアルデヒドの低濃度検出に最も有力であることを見出すことができた。そこでこのセンサの実用性の評価として、本センサとガス分離カラムを組み合わせたガスクロを試作して、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの検出下限界の確認を行うとともに、商品化への可能性を検証した。図 13 に試作したガスクロとその構成概略図を示す。センサのヒータ電圧は 2.8V (約 450℃)、カラム温度 50℃、キャリアガス：合成 Air、キャリアガス流量：20ml/min として、HCHO 200ppm/ N_2 の標準ガスを更に N_2 で所定濃度にまで希釈して得た気体試料 2ml をカラム前段に注入して、ガスクロマトグラムを取得した。

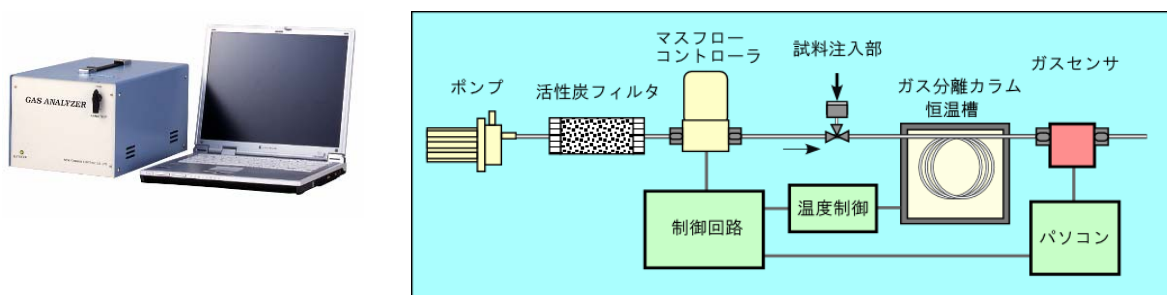


図 13 実用性評価に使用したガスクロ（試作品）の概観と内部構造

得られたクロマトグラムの一例を図 14 に示す。試料注入後約 40 秒後に現れるピークは、 N_2 によるもので、一時的に酸素濃度が低下するためと考えられる。ホルムアルデヒドは約 120 秒後に検出され、0.05ppm の極低濃度でも有意な出力が得られることを確認した。ホルムアルデヒドの濃度を変えて取得したクロマトグラムを重ねると、ピークの高さが濃度の違いに応じて変化していることから、本センサは 1ppm 以下のホルムアルデヒドを確実に検出可能な能力を有していると考えられる。

次にアセトアルデヒドについても同様の試験を実施し、図 15 に示すとおり、アセトアルデヒドについては更に低濃度の 0.02ppm でも有意な応答が得られることを確認できた。

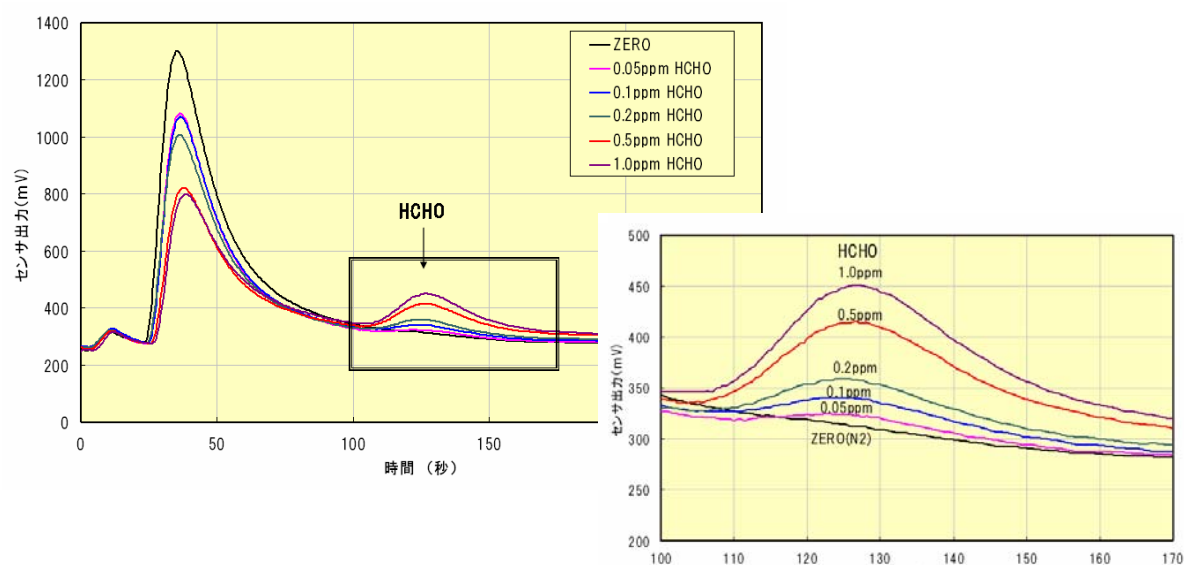


図 14 ホルムアルデヒド標準ガスに対するクロマトグラム

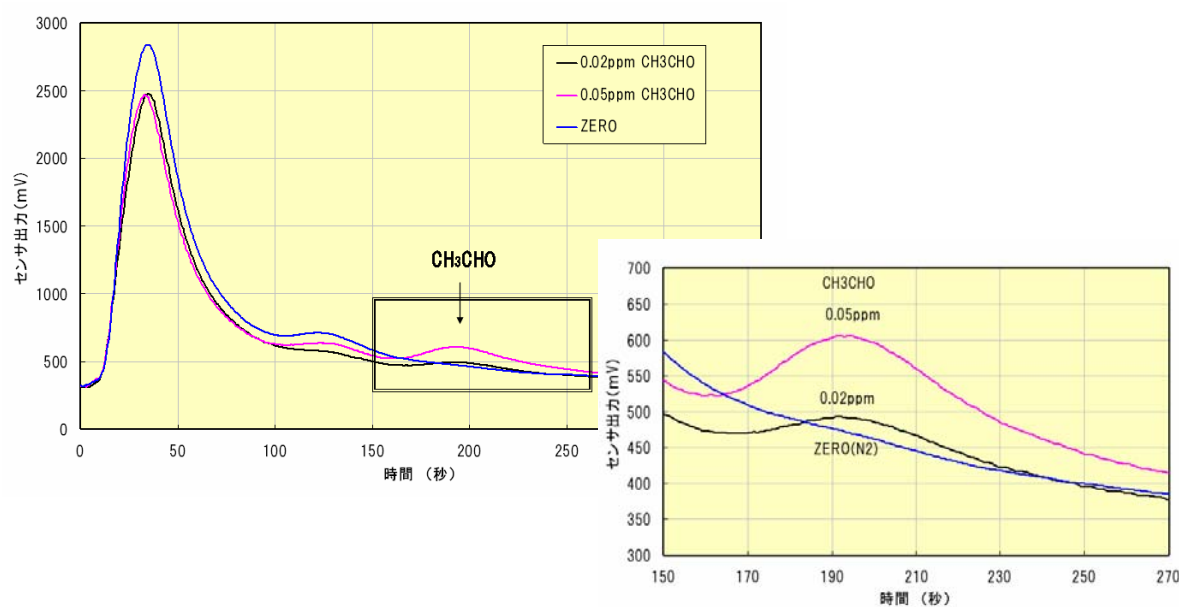


図 15 アセトアルデヒド標準ガスに対するクロマトグラム

1ppm 以下の極低濃度 VOC を検知する手段として、半導体式ガスセンサは優れた利点を有しているものの、既存の半導体式ガスセンサはホルムアルデヒドやアセトアルデヒドに十分な感度を有したセンサが未だ実用化されていなかった。これに対して、本開発成果であるプラズマスプレー法により製膜された酸化スズ厚膜は、これら 1ppm 以下のアルデヒド類に対して特異的に高感度であるといえ、プラズマスプレー法の優位性が確認できた。

第3章 全体総括

1. 研究開発成果

①誘導熱プラズマ装置機構の開発

(担当；日本電子(株)、ウチヤ・サーモスタット(株)、東京大学 吉田豊信研究室)

環境センサ素子としての検知膜 1mm 角程度の微小領域かつ基板内素子集積を目的とした高周波誘導熱プラズマスプレー装置及び成膜ステージ機構を完成させ、センサ特性として最適なパワー、圧力、ガス成分、ガス流量、ステージ駆動などの条件を最適化させ、VOC に高感度で基板内60ヶ以上素子にて、10枚以上同時製膜を可能にした。

②材料供給技術の開発

(担当；ウチヤ・サーモスタット(株)、日本電子(株)東京大学 吉田豊信研究室)

プラズマ内での原材料の完全蒸発、ナノ粒子として凝集堆積をさせる為に、材料は微量供給が適し、既存装置見直し改造により10 μ m以下の微粉体材料で0.25g~0.5g/minの粉体供給ができるようになり、高感度センサの為に成膜を可能にした。

③材料調製技術の開発

(担当；ウチヤ・サーモスタット(株))

各種添加材、触媒、製法を検討、試験、評価した。これまでに比べ感度が飛躍的に伸び、アルデヒド1ppmで最大で7倍以上の感度がでた。

④素子特性評価技術開発

(担当；新コスモス電機(株)、ウチヤ・サーモスタット(株))

熱プラズマスプレー法に適するセンサ電極基板を検討し、白金で充分耐えうることを確認した。さらに基板内への素子集積として4インチで電極&ヒータ9800ヶ以上集積も実現出来た為、プラズマ成膜機構と合わせ大量のセンサ成膜が可能となった。

センサ素子としての最終評価としてユーザーの製品実機(VOC分析装置)で評価を行った。アセトアルデヒドに対して20ppbという、既存品にはない特異的な反応を示し、実用化の可能性の高い要求感度を達成した。

総合；当初の目標を十分達成した。

さらにプラズマ成膜条件、材料形状選択、材料供給などの設定の仕方では、基板への粒子堆積膜ではなく、スパッタ法や蒸着法に類似形態の基板からの気相成長膜が可能となった。これはスパッタなどよりもはるかに高い成膜レートを持つプラズマスプレー法を生かしたもので、FDPや太陽電池などへの展開も睨める新たな可能性を広げた。

2. 特許、外部発表等

①特許出願

特願 2009-73626 「ナノ粒子を含む堆積膜の製造方法」

出願人；ウチヤ・サーモスタット(株)

②本事業より派生した技術展開の外部発表

- 1) 2008 年 3 月 27 日 第 55 回応用物理学関係連合講演会（日本大学）
「プラズマスプレーを用いたナノ粒子半導体 HCHO センサーの高速作製」
発表；東京大学 吉田豊信研究室
- 2) 2009 年 2 月 2 日 プラズマ科学シンポジウム 2009（名古屋大学）
「プラズマスプレーによるナノ粒子半導体 HCHO ガスセンサ創製」
発表；東京大学 吉田豊信研究室、ウチヤ・サーモスタット(株)

3. 課題と今後の活動

環境センサとして実用化するにはセンサ寿命及び耐環境性を上げることは必須課題で特に添加物検討を中心に補完研究を進める。ユーザー企業の協力を得ながら分析機用途では早期の立ち上げを目標とし、さらに汎用的な計測器、空気質センサは耐久データを積み上げ数年後の実用化を目的として活動する。

また新たに造りだされたプラズマスプレーによる気相成長膜もどのような特性を持つか確認し、その特徴を生かした実製品化を目指す。