

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26390029

研究課題名(和文) 大気圧CVD法酸化物半導体ナノワイヤーの形状及び表面制御と高感度ガスセンシング

研究課題名(英文) Morphology and surface controlled growth of metal oxides nanowires by atmospheric pressure CVD and Their high sensitive gas-sensing applications

研究代表者

寺迫 智昭 (Terasako, Tomoaki)

愛媛大学・理工学研究科(工学系)・准教授

研究者番号：70294783

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：大気圧CVD法による交互原料供給(ASS)下での気相-液相-固相成長によるSnO<sub>2</sub>及び-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ナノワイヤー(NWs)の成長に成功した。SnO<sub>2</sub> NWs平均直径は成長温度に対してわずかに増加したが、原料供給のサイクル数には依存しなかった。後者の結果は気相-固相成長によるNWs平均直径の増大がASSの導入によって抑制されていることを示唆している。-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NWs平均直径も成長温度に伴わずかに増加した。両NWsのフォトルミネッセンスでは欠陥に関係したブロードな可視発光が支配的であった。また化学溶液析出法による同一原料から増感剤として使用するCuOとCu<sub>2</sub>Oの選択成長にも成功した。

研究成果の概要(英文)：Nanowires (NWs) of SnO<sub>2</sub> and -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were successfully grown by atmospheric-pressure CVD utilizing vapor-liquid-solid growth under alternate source supply (ASS) of metal (Sn or Ga) and H<sub>2</sub>O. The SnO<sub>2</sub> NWs average diameter increased slightly with increasing growth temperature (T<sub>g</sub>). However, the SnO<sub>2</sub> NWs average diameter was found to be almost independent of the cycle number of the source supply sequence. This fact suggests that the enhancement of the NWs average diameter due to vapor-solid growth is effectively suppressed by introducing ASS. As with the case of the SnO<sub>2</sub> NWs, the -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NWs average diameter tended to increase slightly with increasing T<sub>g</sub> under the ASS. Photoluminescence from both the SnO<sub>2</sub> and -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NWs were dominated by the broad visible emissions associated with the structural defects. It was also found that both sensitizer CuO and Cu<sub>2</sub>O films can be selectively grown from the same Cu precursor by chemical bath deposition with the assistance of a Fe plate.

研究分野：半導体工学

キーワード：ガスセンサ SnO<sub>2</sub> -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CuO Cu<sub>2</sub>O 化学気相堆積法 気相-液相-固相成長 化学溶液析出法

### 1. 研究開始当初の背景

環境に調和したエネルギー資源とその利用技術の開発が、持続可能(サステナブル)社会実現の鍵となる。バイオマスを発酵、蒸留して精製される「バイオエタノール」、水を分解して得られる「水素」などが、化石燃料代替エネルギー資源として期待されている。バイオエタノールは、燃焼しても地表の循環炭素量を増やさない、いわゆるカーボンニュートラルであり、これを利用した内燃機関は基本的にガソリンを燃料とするものと同じである。水素は、資源枯渇の問題がなく、燃焼させても環境汚染物質を出さないクリーンなエネルギーであり、近年水素を利用した燃料電池技術の進展が著しく、燃料電池車や家庭用小型電源としての利用に大きな期待が寄せられている。バイオエタノールや水素を我々の生活に密着した環境で安全に利用するためには、これらのガスを高感度で検出することのできるガス漏洩監視システムの構築が重要な課題である。中でも小型で安価、かつ高性能、高選択的な酸化物半導体ガスセンサの開発が強く望まれている。

ナノワイヤー(NWs)、ナノロッド(NRs)、ナノベルト(NBs)といった一次元ナノ構造化した酸化物半導体は、化学的及び熱的安定性を持ち、高比表面積を有することから高感度ガスセンサへの応用が期待されている。酸化物半導体の中でもとりわけ精力的に研究されているのが、酸化亜鉛(ZnO)と酸化スズ(SnO<sub>2</sub>)であり、溶液プロセス、固相プロセス、気相プロセスなど様々なルートでのナノ構造の合成とガスセンサ応用が報告されている。

NWs 成長方法の中でも気相-液相-固相(Vapor-liquid-solid, VLS)成長に注目した。この成長法には、触媒に用いる金属微粒子の堆積された位置にのみNWsが成長し(形成位置制御)、かつ触媒金属微粒子の粒径によって成長するNWsの直径が制御可能である(直径制御)といった利点がある。しかしながら、直径制御に関しては、昇温時の金属微粒子の基板表面上でのマイグレーションとこれに伴って生じるコアレスセンス(合体)による粒径の増大やVLS成長と並行して生じる気相-固相(Vapor-solid, VS)によるNWs表面への薄膜堆積が直径の制御性を低下させている。

### 2. 研究の目的

金属と水を原料とする大気圧化学気相堆積法(Atmospheric-pressure Chemical Vapor Deposition)によるVLS成長機構によるSnO<sub>2</sub>及び-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ナノワイヤー(NWs)の直径の制御性の向上を含めた成長技術の確立とNWs表面を修飾することによるNWsガスセンサの高感度化の可能性を探ることを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、自家製のCVD装置を使用してSnO<sub>2</sub>及び-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>NWsを成長した。このCVD装置は、横型抵抗加熱式電気炉、H<sub>2</sub>O用蒸発器及びガス供給系から構成される(図1)。電気炉内には、反応管として用いる石英管が置かれる。さらにこの石英製反応管内には、一端が開放、もう一端が絞られ、窒素(N<sub>2</sub>)キャリアガス供給系統に接続される石英管(金属原料導入管)が挿入される、この金属原料導入管内の上流側に金属原料を載せたセラミックス製原料ポート、下流側にスパッタリング法によってAu薄膜が5~30nm堆積されたc面サファイア基板が置かれる。原料ポートと基板を加熱する電気炉の温度を成長温度(T<sub>g</sub>)と呼ぶことにする。H<sub>2</sub>Oは専用蒸発器内で気化(蒸発器温度をT<sub>H<sub>2</sub>O</sub>とする)された。金属原料(SnあるいはGa)の蒸気とH<sub>2</sub>O蒸気はN<sub>2</sub>キャリアガスによって基板上に輸送される。

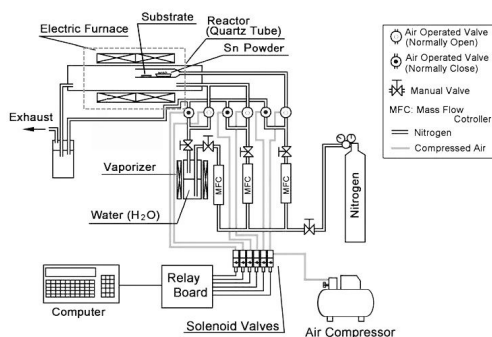


図1 本研究で用いた大気圧CVD装置

交互原料供給(Alternate Source Supply: ASS)法は、金属原料蒸気とH<sub>2</sub>O蒸気とを時間的に分離して交互に基板上に供給するという方法であり、これまでに酸化亜鉛(ZnO)NWsの成長における基板温度上昇に伴う円錐状化を避けるのに有効であることが確認されていた[1]。金属原料用及びH<sub>2</sub>O用N<sub>2</sub>キャリアガス、パージ用N<sub>2</sub>ガスの配管には、それぞれ一組のノーマリー・オープン及びノーマリー・クローズの空圧弁が取り付けられており、電磁弁を介して供給されるエア・コンプレッサーからの圧縮空気によってガスの流れを反応管方向と排気方向に切り替えできるようになっている。この電磁弁は、コンピュータに接続されたリレーボードからの電気信号で開閉されるようになっており、電磁弁の開閉の順番や開閉時間はプログラムで制御可能になっている。以下、ASS法に対して通常の原料を同時に供給して成長する方法を同時原料供給(Simultaneous Source Supply: SSS)法と呼ぶ。

成長したNWsに対しては、X線回折(XRD)測定による結晶学的特性評価、走査型電子顕微鏡(SEM)による表面形態(モフォロジー)観察、フォトルミネッセンス(PL)測定による

光学的特性評価を行った。また幾つかの試料に対しては、透過型電子顕微鏡(TEM)と制限視野電子線回折(SAED)測定による局所構造評価を学外の分析業者に依頼した。

ガスセンサは、無添加 SnO<sub>2</sub> NWs を基板材料から削り取り、テルピネオール中に分散させ、これを表面にクロスフィンガーパターンで Au 電極、裏面にはヒータ用白金(Pt)電極が形成されているアルミナ基板上に滴下、塗布することで作製した。

NWs によるガスセンサの高感度化を目指し、p 型酸化物半導体による NWs の表面修飾の可能性を探ることとした。候補の材料として銅酸化物 CuO と Cu<sub>2</sub>O を挙げた。NWs 表面への CuO 及び Cu<sub>2</sub>O の堆積には、比較的簡便な結晶成長である化学溶液析出法(Chemical Bath Deposition)を用いることとした。銅原料には、硝酸銅( )三水和物を用いた。

#### 4. 研究成果

これまでに Sn 粉末と H<sub>2</sub>O を原料、スパッタリング法で堆積した金(Au)薄膜を触媒に用いた AP-CVD 法による SnO<sub>2</sub> NWs の成長には成功していたが、局所構造の詳細は明らかになっていなかった。今回初めて TEM 観察及び SAED 測定を行い、NW の先端に堆積している微粒子が Au であり、単結晶 NWs が VLS 成長機構を介して成長していること、また Au 微粒子の一部が NWs 中に取り込まれている可能性があることが明らかになった。

意図的に不純物を添加していないため、NWs の電気的特性は主に化学量論組成からの逸脱によって生じる真性欠陥もしくは残留不純物によって支配されていると考えられる。そこで原料供給比を変えて成長実験を行ったところ、成長条件によっては SnO<sub>2</sub> 以外に SnO が混在していた。SnO は、SnO<sub>2</sub> とは対照的に p 型伝導性を示すことから、センサの高感度化を阻害する可能性もあり、これを抑制することも重要課題の一つと言える。

上述の方法で SnO<sub>2</sub> NWs を用いて試作したガスセンサを 8 ppm のエタノール雰囲気中で主に動作温度をパラメータとしてガスセンシング特性を評価したところ、430 で感度(エタノール供給停止時の抵抗値/エタノール供給時の抵抗値)が 3.5 であった。

Au 薄膜を堆積した c 面サファイア基板上へのガリウム(Ga)ビーズと水(H<sub>2</sub>O)を原料に用いた AP-CVD 法による -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NWs の成長実験を Au 薄膜の膜厚、成長時間、基板温度を成長パラメータとして詳細に検討した。Au 薄膜の膜厚依存性からは、Au 薄膜の膜厚増加に伴い NWs 平均膜厚が増大するものの、飽和する傾向があることが明らかになった。これは Au 微粒子サイズの増大により拡散長が低下し、近接 Au 微粒子間のコアレスセンス(合体)が抑制されたことに起因するものと考えられる。成長時間依存性の検討からは、成長

時間とともに NWs 平均直径が成長時間とともに指数関数的に増加することが確認され、この実験曲線を外挿する直線から原料供給(成長開始)直前の昇温時に肥大化した Au 微粒子のサイズが実験的に見積もられることが明らかになった。また基板温度の増加に対しても NWs の平均直径は指数関数的に増大しており、先の成長時間依存性から求まる昇温時の Au 微粒子サイズの増大に重畳されていることが明らかになった。一度、原料供給が開始され、VLS 成長が始まると Au 微粒子は NWs の先端にあり、基板から離れる。したがって原料供給開始後の重畳分の NWs 直径の増大は NWs 側面への薄膜成長、すなわち VS 成長の寄与によると考えられる。Au 薄膜の膜厚を一定(30nm)のもとで成長時間を変えて成長温度依存性を検討したが、すべての 1000/T<sub>g</sub>-NWs 平均直径の実験曲線(ここで T<sub>g</sub> は成長温度)が一点で交差し、この点から VLS 成長を開始する臨界温度が決定された(図 2)。これは、十数~数十 nm に微粒子化した Au の融点の文献値[2]に非常に近かった。またエピタキシャル成長によると思われる特定の角度に傾斜して成長した NWs 群も観察した。

ASS 法によって原料供給のタイムシーケンスを固定し(Sn 供給 3 秒 パージ N<sub>2</sub> ガス 10 秒 H<sub>2</sub>O 供給 3 秒 パージ N<sub>2</sub> ガス 10 秒)、触媒 Au 薄膜の膜厚、成長温度、サイクル数を成長

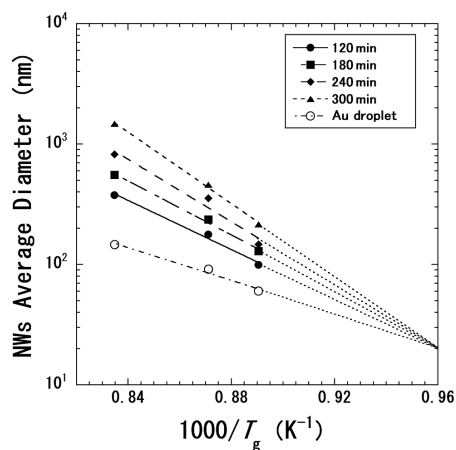


図 2 SSS 法で作製した SnO<sub>2</sub> NWs の平均直径の成長温度依存性。

パラメータとして実験を行った。SnO<sub>2</sub> NWs では、通常の Sn と H<sub>2</sub>O の同時供給による SSS 法に比べて ASS 法において成長温度の上昇に伴う直径増大の活性化エネルギーが低下し、サイクル数に対して NWs の平均直径が依存しないという結果が得られた。一度 VLS 成長が開始すると、触媒金属と原料金属の合金(Au-Sn あるいは Au-Ga)液滴は基板から持ち上げられ、昇温時に生じるマイグレーションとコアレスセンスによる粒径の増大は抑制されると考えられ、成長時間に伴う NWs 直径の肥大の要因としては VS 成長機構の関与が最も有力である。ASS 法におけるサイクル数は、SSS

法での成長時間に相当すると考えられるため、サイクル数に依らず一定の NWs 平均直径の観察は ASS 法が VS 成長機構の抑制に有効であることを示唆している (図 3).  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NWs においても SSS 法に比べて ASS 法において成長温度-NWs 平均直径特性の活性化エネルギーが低下することが明らかになった.

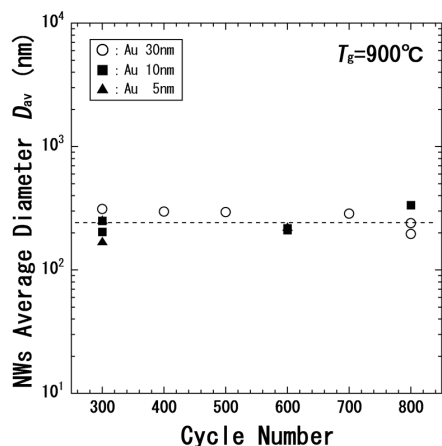


図 3 ASS 法で作製した SnO<sub>2</sub> NWs の平均直径のサイクル数依存性

SnO<sub>2</sub> NWs と  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NWs のフォトルミネッセンス (PL) スペクトルは、それぞれ可視域のオレンジ色 (OB) 発光及び青緑色発光が支配的であった (図 4)。特に SnO<sub>2</sub> における OB 発光については、PL スペクトルとフォトルミネッセンス励起 (PLE) スペクトルとが鏡映対称の関係にあり、両者のピーク間隔 (ストークスシフト) が 2.3 eV と非常に大きく、フォノンと強く結合した深い準位による発光であることが明らかになった。OB 発光の強度には、成長温度の上昇とともに強くなる傾向があった。SnO<sub>2</sub> で観察される OB 発光は酸素空孔 (V<sub>O</sub>) 及び (もしくは) 格子間スズ原子 (Sn<sub>i</sub>) が関与すると報告されていることから、成長

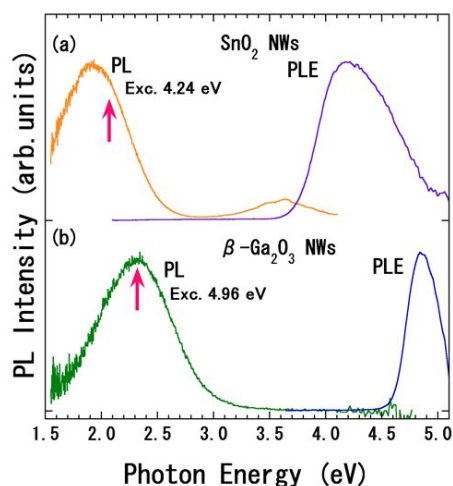


図 4 ASS 法で作製した SnO<sub>2</sub> 及び  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NWs の PL 及び PLE スペクトル.

温度の上昇は、V<sub>O</sub> 及び (もしくは) Sn<sub>i</sub> の関係する深い準位の形成を促進すると考えられる。一方、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> では、PL スペクトルと PLE スペクトルともにペル型のスペクトル形状をしておりフォノンが強く結合していることが推察されるが、その半値幅に大きな違いがあるのが特徴的である。

ガスセンサの増感剤としての機能が期待される p 型伝導性を示す銅系酸化物 CuO および Cu<sub>2</sub>O の CBD 法による薄膜成長も上述の AP-CVD 法による Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および SnO<sub>2</sub> NWs 成長と並行して行った。同じ銅原料 [硝酸銅 (II) 三水合物] を用いて CuO と Cu<sub>2</sub>O を作り分ける手法を見出した。具体的には、成長時に基板材料と一緒に鉄 (Fe) プレート を 浸 け る と い う 非 常 に 簡 便 な も の で あ る 。 Fe プ レ ー ト を 溶 液 中 に 浸 け る だ け で Cu<sub>2</sub>O が 選 択 的 に 成 長 可 能 である こと の 原因 を 明 ら か に す る た め に 成 長 時 の 溶 液 中 の 温 度 , pH 及 び 酸 化 還 元 電 位 (ORP) 変 化 を 測 定 し た 。 pH に つ い て は Fe プ レ ー ト を 浸 け る 前 後 で 明 確 な 変 化 が 見 ら れ な かった の に 対 し て , ORP は Fe プ レ ー ト を 浸 け た 瞬 間 に 急 激 に 低 下 し た 。 ま た 時 間 が 経 過 し た 後 , ORP の 値 は 一 定 値 に 飽 和 す る が , その 飽 和 値 は Fe プ レ ー ト の 面 積 が 大 き く な る 程 低 下 し た 。 成 長 実 験 終 了 後 の Fe プ レ ー ト の XRD 測 定 か ら は  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及 び  $\beta$ -FeOOH の 形 成 が 確 認 さ れ て い る こ と を 考 慮 す る と , Fe が 錆 び る 際 に 放 出 さ れ た 電 子 が Cu<sup>2+</sup> を Cu<sup>+</sup> に 変 換 す る 役 目 を 果 た し て い る も の と 推 測 さ れ る 。 今 後 は , NWs 表 面 上 へ の 堆 積 の 可 能 性 を 検 討 し て い き た い 。

#### <引用文献>

- [1] E. Goudeli, S. E. Pratsinis, Crystallinity Dynamics of Gold Nanoparticles During Sintering or Coalescence, *AIChE J.* **62** (2016) 589-598.
- [2] T. Terasako, T. Fujiwara, M. Yagi, S. Shirakata, Various Shapes of ZnO and CdO Nanostructures Grown by Atmospheric-Pressure Chemical Vapor Deposition, *Jpn. J. Appl. Phys.* **50** (2011) art. no. 01BJ15.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Tomoaki Terasako, Yuki Kawasaki, Masakazu Yagi, Growth and morphology control of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanostructures by atmospheric-pressure CVD, *Thin Solid Films*, 査読有, Vol. 620 (2016) pp.23-29.

DOI:10.1016/j.tsf.2016.07.074

Tomoaki Terasako, Hikaru Ichinotani, Masakazu Yagi, Growth of  $\alpha$ -gallium oxide films and nanostructures by atmospheric-pressure CVD using gallium and water as source materials, Physica Status Solidi (c), 査読有, Vol.12 (2015) pp.985-988.  
DOI:10.1002/pssc.201510012

[学会発表](計 23 件)

Tomoaki Terasako, Kohki Ohnishi, Hideyuki Okada, Shohei Obara, Masakazu Yagi, Possibility of Selective and Morphology-Controlled Growth of CuO and Cu<sub>2</sub>O Films, 44th International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films, 27 April, 2017, Town & Country Resort Hotel (San Diego, USA).

Tomoaki Terasako, Kohki Kohno, Masakazu Yagi, Vapor-Liquid-Solid Growth of SnO<sub>2</sub> Nanowires Utilizing Alternate Source Supply and Their Photoluminescence Properties, 44th International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films, 24 April, 2017, Town & Country Resort Hotel (San Diego, USA).

寺迫智昭, 大西航輝, 岡田英之, 小原翔平, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 3H<sub>2</sub>O を Cu 原料に用いた Fe 支援 CBD 法による CuO 薄膜と Cu<sub>2</sub>O 薄膜の選択成長, 2017 年 3 月 16 日, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)。

寺迫智昭, 河野幸輝, 矢木正和, 原料交互供給による SnO<sub>2</sub> ナノワイヤーの VLS 成長とフォトルミネッセンス特性, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 2017 年 3 月 16 日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)。

Tomoaki Terasako, Kohki Ohnishi, Hideyuki Okada, Shohei Obara, Masakazu Yagi, Selective Growth of CuO and Cu<sub>2</sub>O Films and Fabrication of Their Heterojunctions with ZnO Nanorods by Chemical Bath Deposition, 第 26 回日本 MRS 年次大会 A-3 先進機能性酸化物マテリアル, 16 December, 2016, 横浜情報文化センター(神奈川県横浜市)。

Tomoaki Terasako, Kohki Kohno, Masakazu Yagi, Vapor-Liquid-Solid

Growth of SnO<sub>2</sub> and Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanowires by Atmospheric-pressure CVD Utilizing Alternate Source Supply, 第 26 回日本 MRS 年次大会 A-3 先進機能性酸化物マテリアル, 16 December, 2016, 横浜情報文化センター(神奈川県横浜市)。

Tomoaki Terasako, Kohki Kohno, Masakazu Yagi, Vapor-Liquid-Solid Growth of Metal Oxide Nanowires Utilizing Alternate Source Supply, The 9th International Workshop on Zinc Oxide and Related Materials, 1 November 2016, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)。

寺迫智昭, 大西航輝, 岡田英之, 小原翔平, 河野幸輝, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 3H<sub>2</sub>O を Cu 原料に用いた CBD 法による CuO 薄膜と Cu<sub>2</sub>O 薄膜の選択成長と表面モフォロジー, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016 年 9 月 14 日, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市)。

寺迫智昭, 大西航輝, 岡田英之, 小原翔平, 河野幸輝, 矢木正和, 原料交互供給による SnO<sub>2</sub> ナノワイヤーの気相-液相-固相成長, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016 年 9 月 14 日, 2016, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市)。

寺迫智昭, 矢木正和, 原料交互供給法による酸化スズナノワイヤーの成長と形状制御, 電子情報通信学会 CPM 研究会, 2016 年 7 月 23 日, 愛媛大学工学部(愛媛県松山市)。

Tomoaki Terasako, Yuya Ohmori, Takuya Saeki, Naoki Monden, Masakazu Yagi, Selective preparations of CuO and Cu<sub>2</sub>O and formations of their heterojunctions with ZnO nanorods by chemical bath deposition, Thin Films 2016, 14 July, 2016, Holiday Inn Atrium (Singapore)。

寺迫智昭, 門田直己, 大森裕也, 佐伯拓哉, 溶液成長法による CuO 及び Cu<sub>2</sub>O 薄膜の成長と表面モフォロジー, 電子情報通信学会 材料デバイスサマーミーティング, 2016 年 6 月 17 日, 機械振興会館(東京都港区)。

Tomoaki Terasako, Yuya Ohmori, Takuya Saeki, Naoki Monden, Masakazu Yagi, Preparation of Cu<sub>2</sub>O Films by Fe-assisted Chemical Bath Deposition Technique, 43rd International Conference on Metallurgical Coatings

and Thin Films , 28 April, 2016 , Town & Country Resort Hotel (San Diego , USA) .

Tomoaki Terasako , Yuki Kawasaki , Masakazu Yagi , Growth and Morphology Control of  $\text{-Ga}_2\text{O}_3$  Nanostructures by Atmospheric- pressure CVD , 43rd International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films , 25 April, 2016 , Town & Country Resort Hotel (San Diego , USA) .

寺迫智昭 ,河崎雄樹,矢木正和 ,  $\text{-Ga}_2\text{O}_3$  ナノワイヤーの形状制御とフォトルミネッセンス特性,第63回応用物理学会春季学術講演会,2016年3月19日,東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区).

寺迫智昭 ,大森裕也,佐伯拓哉,門田直己,宮田晃,Fe支援CBD法による $\text{Cu}_2\text{O}$ 薄膜の成長,第63回応用物理学会春季学術講演会,2016年3月19日,東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区).

Tomoaki Terasako , Yuya Ohmori , Yuki Kawasaki , Takuya Saeki , Naoki Monden , Masakazu Yagi , Shape-Controllability of  $\text{-Ga}_2\text{O}_3$  Nanostructures Grown by Atmospheric-pressure CVD , 第25回日本MRS年次大会 A-1 機能性酸化物マテリアル,2015年12月6日,横浜情報文化センター(神奈川県横浜市).

Tomoaki Terasako , Toshiki Kurashige , Yuya Ohmori , Yuki Kawasaki , Takuya Saeki , Naoki Monden , Masakazu Yagi , Atmospheric-pressure CVD Growth of  $\text{SnO}_2$  and  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Nanostructures, International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials 2015 , 2015年11月4日,京都大学桂キャンパス(京都府京都市).

寺迫智昭 ,大森裕也,河崎雄樹,佐伯拓哉,門田直己,宮田晃,矢木正和,大気圧CVD法による $\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ナノ構造の成長とフォトルミネッセンス特性,第76回応用物理学会秋季学術講演会,2015年9月13日,名古屋国際会議場(愛知県名古屋市).

寺迫智昭 ,大森裕也,河崎雄樹,佐伯拓哉,門田直己,矢木正和,気相-液相-固相成長機構による酸化ガリウムナノ構造の成長と形態制御,電子情報通信学会電子部品材料(CPM)研究会,2015年8月27日,青森県観光物産館アスパ

△(青森県青森市).

21 Tomoaki Terasako , Hikaru Ichinotani , Masakazu Yagi , Growth of  $\text{-gallium}$  oxide films and nanostructures by atmospheric- pressure CVD using gallium and water as source materials, EuroCVD 20, 15 June, 2015, Festhalle Seepark (Sempach, Switzerland) .

② 寺迫智昭 ,倉重利規,矢木正和,大気圧CVD法による酸化スズ及び酸化ガリウムナノワイヤーの成長,電子情報通信学会・材料デバイスサマーミーティング,2015年6月19日,機械振興会館(東京都港区).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

寺迫 智昭 (TERASAKO , Tomoaki )  
愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号 : 70294783