

課題番号	Q18T-07
課題名 (和文)	単結晶 ZnO 半導体薄膜を用いた VOC センサの高感度化とその病理診断応用
課題名 (英文)	Deveroping high sensitive VOC sensor using single-crystalline ZnO semiconductor layer and applying to pathologic diagnosis
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 工学部 電子システム工学科 助教 A
	氏名 安藤 毅
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	氏名

研究成果の概要 (和文)

本研究は、癌などの内臓疾患をもった患者の呼気ガス（吐く息）にごく微量に含まれる VOC（揮発性有機化合物）を検出し、病理診断を行うセンサの高感度化を目的としたものである。当初、単結晶 ZnO（酸化亜鉛）半導体薄膜をセンサ材料として適用することを試み検討を進めたが、十分な感度が得られなかったため、途中より SnO₂（酸化スズ）をセンサ材料として採用し、0.5ppm (2 万分 1%)濃度のアセトン、エタノールに対し感度を得る事ができた。試験用ガスの都合上、この濃度までしか検討が行えていないが、呼気中に含まれるアセトン濃度と同等のガスに対し感度を得られており、病理診断への応用が可能であると結論付けた。

研究成果の概要 (英文)

In this study, I aimed developing high sensitive VOC sensor and applying it to pathologic diagnosis. VOC is contained slightly in expiration of patients with internal organ such as cancers. At first, I had carried on the investigation applying single-crystalline zinc oxide semiconductor layer as a sensor material. However, the zinc oxide layer have not shown satisfied S/N ratio. Therefore, we employed tin oxide for a sensor material on the way. In the result, the tin oxide semiconductor layer showed sensitivity to 0.5 ppm acetone and ethanol gas. I could only study up to this concentration due to prepared sample gas, the sensor showed the sensitivity to the same concentration of acetone gas as in the expiration gas.

1. 研究開始当初の背景

癌など内臓疾患を持つ患者の呼気内 VOC ガス（揮発性有機化合物）濃度は健常者と異なり、これを病理診断に利用しようと様々に試みられているが、ppm（1 万分の 1%）以下の極微小な変化であるため、未だその実用的な検知手法は確立されていない。本研究で着目した酸化物半導体型ガスセンサのガス検出原理は、酸素および検出対象ガスの吸着脱離によって、半導体中の自由電子の増減に伴う電流値の変化である。

2. 研究の目的

従来、酸化物半導体ガスセンサは、直径 1 μm 前後の粒子で構成されており、半導体としては均質な薄膜ではなく、物理的、電気的特性に劣るものが利用されていた。本研究では、高感度な VOC ガスセンサを得ることを目的として、その成膜条件と感度の検討を行った。

3. 研究の方法

本研究では、スパッタ法を用いてサファイア ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) 基板上に単結晶酸化亜鉛 (ZnO)、もしくはそれに近い高品質な酸化スズ (SnO_2) 半導体層を成膜して VOC ガスセンサを作成した。スパッタ法による半導体薄膜成長時の基板温度がその薄膜の特性に大きく影響を及ぼすため、ガスセンサに最適特性を得られる成長温度の検討を行った。次に、水素および VOC の一種であるアセトン、エタノールガスに対して感度の検討を行った。

4. 研究成果

高感度なガスセンサが得られる酸化物半導体薄膜の主な条件は、薄膜への大きなガス吸着量、薄膜の大きな電子移動度、および、低い電子密度である。欠陥の少ない均質な薄膜であるほど、大きな電子移動度と低い電子密度が得られる傾向にあるが、一方で薄膜表面へのガス吸着量が減少すると考えられ、全てを満足することは困難である。様々な成膜温度条件を検討したところ、この 3 条件がガスセンサとして最も適当であった条件は、ZnO で 550 $^{\circ}\text{C}$ 、 SnO_2 で 400 $^{\circ}\text{C}$ であった。図 1 にそれぞれの XRD パターンおよび SEM による

表面観察像を示す。従来のガスセンサと比べ、いずれも高い配向性を示し、緻密な表面形態が得られている。

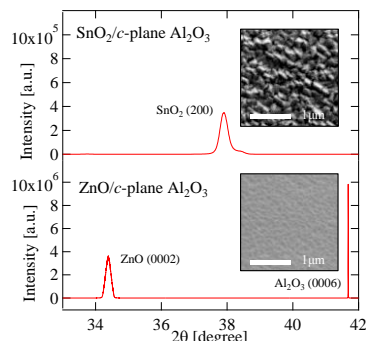


図 1 各薄膜の XRD パターンおよび表面 SEM 像

これらの薄膜を用いて、資料基板を 7mm 角に切り出した両辺に電極を堆積させ、十分にアニール処理を行ってガスセンサを作成した。ガス吸着を促進するためのセンサ動作温度は事前の検討の結果、ZnO で 400 $^{\circ}\text{C}$ 、 SnO_2 で 550 $^{\circ}\text{C}$ を最適値として得ている。ZnO ガスセンサは数 ppm のガス濃度に対して応答するものの十分な感度ではなく、 SnO_2 ガスセンサは、0.5 ppm のガスに対しても十分検出可能な応答を示した（図 2）。準備した資料ガスの濃度の都合上、これ以下の濃度では検討が行えていないが、呼気中に含まれるアセトン濃度と同等のガスに対し感度を得られており、病理診断応用が可能であると結論付けた。

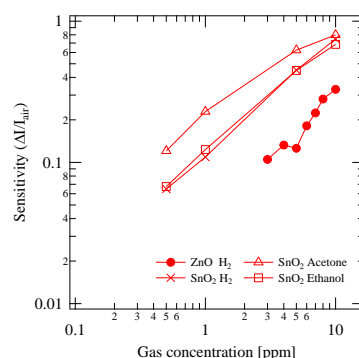


図 2 各センサ材料とガスの感度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

Properties of Highly c-axis Oriented Single-crystalline ZnO Layers Grown by Sputter Epitaxy for Hydrogen Gas and UV Sensors, Sensors & Transducers Journal, Vol. 229, Issue 1, 32-38 (2019)

〔学会発表〕（計 3 件）