

高感度 CO₂ ガスセンサーに向けた In₂O₃(400)面成長の成膜圧力および背圧依存性

Influence of Deposition and Back Pressure on In₂O₃(400) Growth toward Highly Sensitive CO₂ Sensors

海老澤雄一郎

指導教員 相川慎也, 研究協力者 小林亮太, 上野将道, 菅野仁紀

工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

CO₂の監視は地球温暖化や医療などで重要な役割を担っている。しかし、CO₂は安定な分子のため高感度化が困難である。In₂O₃(400)面は大気中の水蒸気由来の吸着物によりCO₂の高感度化が可能である。本研究では、In₂O₃(400)面を優先成長させるスパッタ成膜時の成膜圧力および背圧の関係を調査した。

キーワード：酸化物半導体, トランジスタ, 薄膜, 二酸化炭素, センサー

1. 緒言

CO₂ ガスのモニタリングは日常生活において重要な役割を担っている。しかし、CO₂は化学的に安定な分子のため、高感度化が困難である。

薄膜トランジスタ(TFT)は、小型化や低コスト化、ガス感度向上の観点から有望なガスセンサーの候補である。検出メカニズムは、チャンネル表面へのガス吸着による電流変化に基づく[1]。In₂O₃系半導体は活性な表面を有している[2]。そのため室温で動作可能な高感度NO_xガスセンサーが実証されている[3]。

先行研究では、In₂O₃にCaドープした際、In₂O₃(400)面が優先成長し、CO₂感度が向上した[4]。極性表面であるIn₂O₃(400)面は非極性表面と比べ表面に酸素や水分子が多く吸着し、電子トラップとして働く可能性がある[5]。この極性表面は水分子と反応性が高いCO₂が吸着すると、トラップされていた電子が放出される。そのため電流変化が大きくなり、高感度化が期待できる。

しかしながら、それがCaドープによるものなのか、In₂O₃の結晶面に由来するものなのか不明であった。本研究では感度向上の要因をクリアにするために、In₂O₃単体でIn₂O₃(400)面を成長させ、そのCO₂感度を調査することを目的とする。

2. 実験方法

洗浄を行ったSiO₂200 nmを有するSi基板上に、RFスパッタリングを用いて、In₂O₃を成膜した。スパッタ条件は背圧 1.0×10^{-3} , 5.0×10^{-4} , 1.0×10^{-4} Pa, RF電力50 W, 酸素比25%で真空バルブを調整し、成膜圧力0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 Paとして20 nmの薄膜を成膜した。In₂O₃の結晶構造を調査するために、XRD解析を行った。

3. 実験結果及び考察

成膜圧力変化時のIn₂O₃のXRDパターンをFig. 1に示す。In₂O₃(400)面成長は成膜圧力を高くしていくことで確認できた。成膜圧力変化時のエネルギーフラックスについてFig. 2に示す。成膜圧力を低くした際、スパッタ粒子のエネルギーが保たれ、平均自由行程が長くなるため、最安定構造であるIn₂O₃(222)面が成長しやすい。一方で、成膜圧力を高くした際、スパッタ粒子のエネルギーが小さく、平均自由行程が短くなるため、不安定構造であるIn₂O₃(400)面が成長すると考えられる[6]。

背圧を 1.0×10^{-4} Paと 1.0×10^{-3} PaでのIn₂O₃のXRDパターンをFig. 3に示す。成膜圧力を1.5 Paに固定し、背圧を高くしていくとIn₂O₃(400)面の成長が確認できた。背圧が高い際、不純物が存在し、核成長が変わるため、

B117 結晶構造が変化する可能性がある[7]. したがって、背圧が高いほど、不純物が多くなり、 In_2O_3 (400)面が成長する. 一方で、背圧が低いほど、不純物が少なくなるため In_2O_3 (222)面が成長すると考えられる.

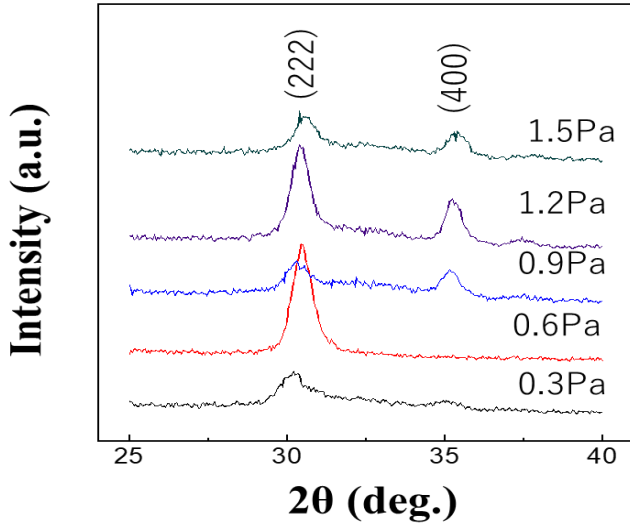


Fig. 1 成膜圧力変化による結晶構造

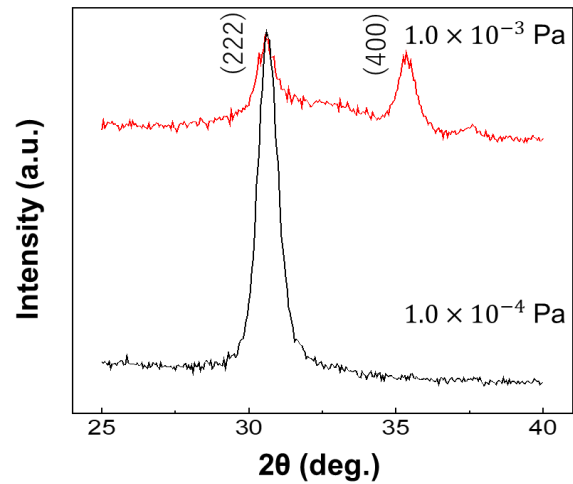


Fig. 3 背圧変化の結晶構造

4. 結論

本研究では In_2O_3 (400)面のスパッタ成膜時における成膜圧力および背圧の関係を調査した. In_2O_3 (400)面は成膜圧力と背圧を変化させることで、確認できた. 今後の計画は In_2O_3 (400)面 TFT を作製し、その CO_2 感度を調査していく.

5. 参考文献

- [1] P. Matheswaran, *et al.*, Sens. Actuators, B. Vol. 177, pp.8-13 (2013).
- [2] G. Korotcenkov *et al.*, Sens. Actuators, B. Vol. 128, pp. 51-63 (2007).
- [3] M. T. Vijjapu, *et al.*, Sens. Actuators, B. Vol. 331, pp. 1-8 (2021)
- [4] A. Nodera, *et al.*, Mater. Sci. Eng, B. Vol. 299, p. 117034 (2024).
- [5] Choi S, *et al.*, IEEE Electron Device Letters. Vol. 33, pp. 381-383 (2012).
- [6] N. Kikuchi, *et al.*, J. Vac. Soc, Vol. 50, pp. 15-16 (2006).
- [7] T. koida, *et al.*, J. Appl. Phys, Vol. 107, pp. 5-6 (2010)

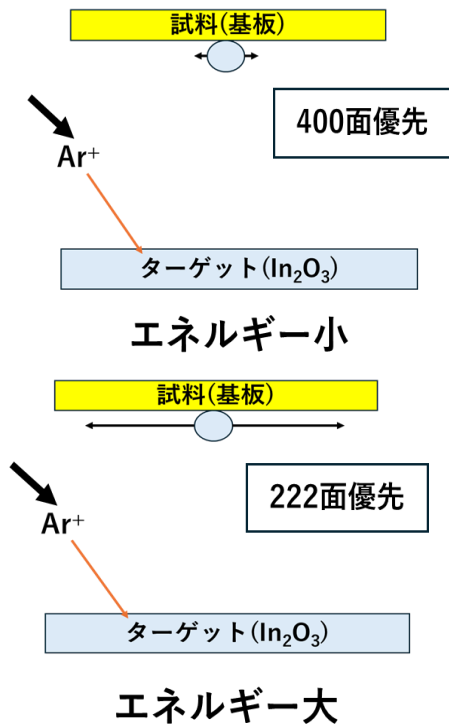


Fig. 2 成膜圧力変化時のエネルギーフラックス