

反応性プラズマ蒸着法により成膜した W 添加 In_2O_3 極薄膜における高 Hall 移動度High Hall mobility of W-doped In_2O_3 ultra-thin films grown by reactive plasma deposition高知工科大総研¹, 住友重機械工業 (株)² ○古林寛¹, 前原誠², 北見尚久^{1,2}, 酒見俊之², 山本哲也¹Research Inst., Kochi Univ. Tech.¹, Sumitomo Heavy Industries, Ltd.²,○Y. FURUBAYASHI¹, M. MAEHARA², H. KITAMI², T. SAKEMI², and T. YAMAMOTO¹

E-mail: furubayashi.yutaka@kochi-tech.ac.jp

はじめに: タングステン (W) 添加 In_2O_3 (IWO) 多結晶薄膜は、従来の錫添加 In_2O_3 (ITO) と比較して高 Hall 移動度 (μ_H) が得られることから太陽電池透明電極への応用が進んでいる[1]。前記応用が要するシート抵抗の観点から、50 nm 以下の極薄領域の電気特性の報告はみられない。我々は前記極薄領域の ITO 非晶質膜において高 μ_H を実現 [2] している。本研究では、非晶質膜結晶化法を用いることにより、IWO 膜においても極薄領域 (10 nm 前後) にて高 μ_H が得られることが実証された。

実験方法: IWO 膜 (WO_3 :1 wt.%, 膜厚(t) 5-50 nm) を Corning ガラス基板上に反応性プラズマ蒸着法 (住友重機械工業 (株) 製) により非加熱及び酸素ガス流量 25 sccm 条件下で成膜した。成膜後、放電及びガス導入無 (チャンバ内圧力 5×10^{-4} Pa) で 30 分、基板温度 250 °C で熱処理を行った。膜構造は X 線回折/反射率 (SmartLab; 株式会社リガク社製) 法で、電気特性はホール効果法で評価した。

結果: X 線回折結果解析から、膜厚に関係なく (222) ピークの出現が観察され、上記熱処理の結果、非晶質から結晶質膜に変化したことが分かった。図 1 に非晶質膜 (as-depo と表記) と結晶質膜 IWO の電気特性 (ρ : 電気抵抗率、 n_e : キャリア密度) を示す。結晶化は極薄膜でも n_e を増大させることが確認された。加えて、 n_e の t 依存性が観察されなくなった。一方、 μ_H は結晶化により t に関係なく増大し、 $t=10$ nm において $\mu_H=60 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ なる高 μ_H が得られた。図 2 は μ_H の支配因子 (t とキャリア平均自由工程 (MFP) との比率) を示す。図 2 下では MFP と μ_H を $t=10$ nm での大きさと規格化 [2] した関係を示す。 $t=10$ nm 以下 ($t/\lambda \leq 1$) では IWO と ITO との挙動は完全に一致した。本研究での解析により、該成膜装置による極薄膜 IWO は ITO と同様 [2]、表面及び界面でのキャリア鏡面反射が実現していることが示唆された。

参考文献:

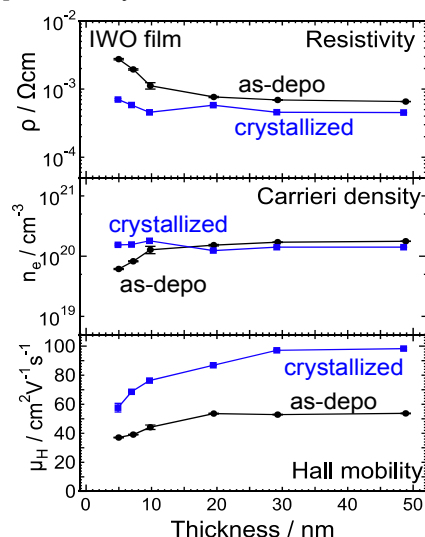
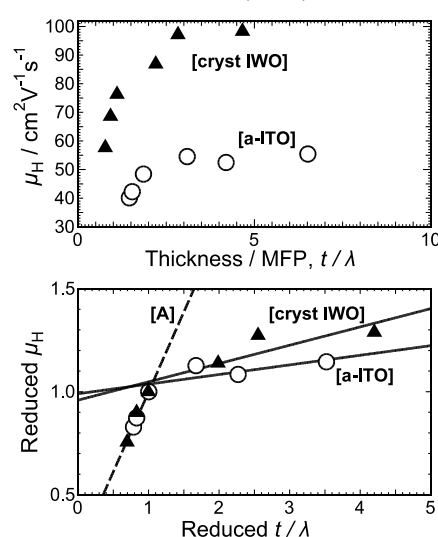
[1] T. Koida, Y. Ueno, and H. Shibata, *Phys. Stat. Solidi. A* **215**, 1700506 (2018).[2] Y. Furubayashi, M. Maehara, and T. Yamamoto, *Nanoscale Res. Lett.* **14**, 120 (2019).

図 1: 非晶質 IWO 及び結晶化させた IWO 膜における電気特性の膜厚依存性

図 2: (上) 結晶質 IWO 及び非晶質 ITO [2] における Hall 移動度 (μ_H) と比率=膜厚/MFP との関係
(下) 上図を 10 nm の値で規格化した関係