

【背景・実験方法】近年、高移動度の薄膜トランジスタ(TFT)の研究が多く行われており、我々は多結晶酸化物半導体の In_2O_3 に着目している。Koida らにより成膜ガスに $\text{Ar}+\text{O}_2+\text{H}_2\text{O}$ を用いた初期非晶質 $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜を固相結晶化させた poly- $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜にて移動度 $130 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ が報告されている^[1]。また、Darja らは $\text{Ar}+\text{O}_2+\text{H}_2\text{O}$ ガスで成膜した $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜に大気中での熱処理 220°C を行ったところ、顕著なキャリア濃度の減少がみられないことが報告されている^[2]。TFT 応用にはキャリア濃度低減が望まれるため、H 源として In_2O_3 膜に H_2 を添加し、その後の大気中での熱処理によるキャリア濃度の減少を目指した。RF マグネトロンスパッタリング法にて $\text{Ar}+\text{O}_2+\text{H}_2$ を導入し、酸素流量比($R[\text{O}_2]=\text{O}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2+\text{H}_2)$) 4%、水素流量比($R[\text{H}_2]=\text{H}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2+\text{H}_2)$)を 0.5, 9%で変化させ In_2O_3 膜、 $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜(膜厚 50 nm)を成膜した。評価方法は微小角 X 線回折法(GI-XRD)、走査型電子顕微鏡(SEM)、分光光度計、昇温脱離ガス分析法(TDS)、ホール効果測定を用いた。また、ゲート/ゲート絶縁膜/チャンネル層/電極に $\text{Si}/\text{SiO}_2/\text{In}_2\text{O}_3/\text{Au}$ を用いて TFT 応用を試みた。

【結果・考察】上記条件にて成膜した In_2O_3 膜、 $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜の GI-XRD の結果から、成膜直後(as-depo.)と 175°C の熱処理後と比較すると、 In_2O_3 膜では成膜直後から結晶化が起り $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜では成膜直後は結晶化が起きておらず、 175°C の熱処理時に結晶化が確認できた。また、成膜時に導入した H_2 の効果により結晶性の改善を示唆している。次にホール効果測定より、最大移動度は N_2 雰囲気下 250°C 熱処理で得られ In_2O_3 膜 $45.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜 $75.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ に向上し、大気中 250°C 熱処理でキャリア濃度の制御下限は In_2O_3 膜 $2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ から $\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$ 膜 $5.1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に減少しており、 H_2 を導入することで移動度の向上とキャリア濃度の減少を両立することが可能となった。これらより TFT 応用が可能であることを示した。

参考文献: [1] T. Koida et al., J. Non-Crystalline Solid 354 (2008) 2805

[2] D. Erfurt et al, Materials Science in Semiconductor Processing 89 (2019) 170–175