

【背景】近年、ディスプレイの高精細化に伴い薄膜トランジスタ(TFT)の高性能化が求められ、TFT への高移動度チャネルや高誘電率 (high- $\kappa$ ) ゲート絶縁膜応用が進んでいる。そこでチャネルに高移動度材料である InGaZnO (IGZO)、ゲート絶縁膜に high- $\kappa$  材料である ZrHfO<sub>x</sub> を用いることで高性能 TFT の実現を目指した。本研究では、ZrHfO<sub>x</sub> 絶縁膜質の向上のため、ZrHfO<sub>x</sub> 成膜時の酸素流量比及び ZrHfO<sub>x</sub> 成膜後のアニール温度・雰囲気絶縁膜特性に与える影響を検討した。

【実験内容】低抵抗シリコン基板上に ZrHf (12:88 wt%) ターゲットを用いた反応性高周波スパッタ法により ZrHfO<sub>x</sub> を室温にて 100 nm 成膜した。成膜電力及び圧力はそれぞれ 150 W、0.22 Pa に固定した。まず、成膜時の酸素流量比 ( $R[O_2] = O_2/(Ar+O_2)$ ) を 30~70 % に変化させ、疑似大気雰囲気にて 400 °C で 1 時間アニール処理を行った。次に、ZrHfO<sub>x</sub> 成膜時の  $R[O_2]$  を 30 % に固定し、アニール雰囲気を疑似大気もしくはフォーミングガス (FG: 5 %H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) とし、それぞれ 400 °C 及び 800 °C で 1 時間アニール処理を行った。蒸着法により Al 電極を形成後、ZrHfO<sub>x</sub> の比誘電率 ( $\kappa$ ) 及び絶縁耐圧 ( $V_{BD}$ ) を C-V 及び I-V 測定にて評価した。

【結果】疑似大気 400 °C、1 時間アニールでは、 $R[O_2]=30\%$  で  $\kappa=10.2$ 、 $V_{BD}=2.4$  MV/cm を示し、 $R[O_2]=30\sim70\%$  の範囲で大きな変化は見られなかった。また 400 °C、1 時間アニールでは、疑似大気と FG 雰囲気 で  $\kappa$  及び  $V_{BD}$  に優位差は見られなかった。得られた  $\kappa$  は報告されている ZrO<sub>x</sub> 及び HfO<sub>x</sub> の比誘電率 25 程度と比較して小さく、改善の余地がある。アニール処理を 800 °C、1 時間に高温化しても疑似大気雰囲気では  $\kappa$  並びに  $V_{BD}$  の改善は見られなかった。しかしながら、FG 雰囲気では  $\kappa=25.6$  と大幅な向上が見られたものの  $V_{BD}=0.81$  MV/cm と大幅に悪化した。これらの結果より、水素が存在する雰囲気もしくは非酸素雰囲気にて 800 °C 程度の高温アニールを行うことで  $\kappa$  が改善されることが明らかになった。高誘電率かつ高耐圧な ZrHfO<sub>x</sub> を形成するには、アニール温度と雰囲気制御が重要であり、今後メカニズムの解明と制御方法の確立をさらに検討する必要がある。