

【背景】 金属半導体電界効果トランジスタ(MES-FET)は金属と半導体のショットキー接合を利用したトランジスタである。MES-FET においてはゲート・ソース間電圧(V_{GS})が正の領域でゲート電流が流れるため、閾値電圧(V_{TH})が負であるデプレッション型が望ましい。チャネル層である InGaZnO(IGZO)の成膜酸素ガス流量比を減らしキャリア濃度を増加させることで V_{TH} は負となるが、ショットキー接合の逆方向電流増大によるオフ電流が増大し on/off 電流比($I_{on/off}$)が低下する課題がある。本研究では IGZO の表面キャリア濃度とバルクキャリア濃度を個別に制御できる積層構造を提案し、 V_{TH} を制御しつつ高 $I_{on/off}$ の MES-FET 実現を目的とした。

【実験方法】 チャネル層 IGZO を DC スパッタリング法で 200nm 室温成膜した。IGZO の成膜条件として成膜酸素ガス流量比($R[O_2]$)=0.80 と 0.66%に設定した単層チャネル、ならびに上層 50nm を $R[O_2]$ =0.80%、下層 150nm を $R[O_2]$ =0.66%による積層チャネル成膜 ($R[O_2]$ =0.80%/0.66%) の 3 条件で MES-FET を作製し、デバイス特性を測定した。また各 IGZO のキャリア濃度を Hall 測定にて評価した。

【結果】 単層チャネルにおいては、 $R[O_2]$ =0.80%では正の V_{TH} を示し、 $R[O_2]$ =0.66%では $V_{TH} = -4V$ へと負シフトした。しかし $R[O_2]$ =0.66%に減少することで $I_{on/off}$ が 5 桁以上悪化した。Hall 測定の結果から $R[O_2]$ =0.66%は $R[O_2]$ =0.80%と比較して表面キャリア濃度が 4 倍程度高かったことから、ショットキー特性の逆方向電流が増大し、MES-FET 特性のオフ電流が増大したと考えられる。これに対し、 $R[O_2]$ =0.80%/0.66%の積層チャネルを用いることで $V_{TH} = -2V$ を示し、 $I_{on/off} = 3.3 \times 10^8$ の MES-FET 特性が得られた。積層チャネルによって、表面とバルクキャリア濃度を個別に制御し、表面キャリア濃度制御にて良好なショットキー接合を形成しつつ、バルクキャリア濃度にて V_{TH} を制御することで、オフ電流の増大を抑えつつ MES-FET の V_{TH} 制御が可能であることを実証した。