

デバイスシミュレーションによる In-Ga-Zn-O/Ag_xO ヘテロ接合型ショットキーダイオードの特性解析
 Analysis of Schottky diode properties in In-Ga-Zn-O/Ag_xO hetro interface using device simulation

1215075 濱田賢一朗 Kenichiro Hamada

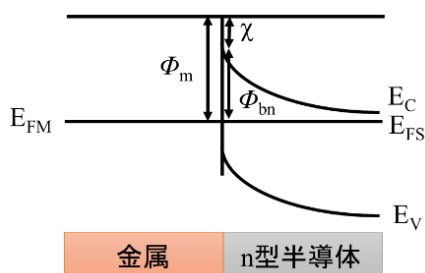
【背景】 金属と半導体が接合したとき 2 つのフェルミレベルは一致し、エネルギーバンドが曲る。接合する金属の仕事関数 Φ_m が半導体の電子親和力 χ よりも大きいとき、図 1 に示すショットキー障壁 Φ_{bn} が形成され、整流性を示す。ショットキー障壁を利用したダイオードはショットキーダイオード(SDs)と呼ばれる。本研究では酸化物半導体の In-Ga-Zn-O(IGZO)と酸化銀(Ag_xO)を接合した SDs の研究を行っている。IGZO/Ag_xO 接合型 SDs は IGZO のアニール温度(T_a)を増加することで SDs 特性が向上する。一方で、150°Cの低温プロセスにおいても、IGZO の成膜水素流量比($R[H_2]=H_2/(Ar+O_2+H_2)$)が増大することで SDs 特性が向上した。R[H₂]の増加により、SDs 特性が改善した要因を調査することを目的としてデバイスシミュレーションを用いて IGZO/Ag_xO 接合型 SDs の特性解析を行った。

【実験】 本研究で作製した SDs はオーミック電極に酸化インジウムスズ (ITO)、半導体層に IGZO、ショットキーゲート電極に Ag_xO を用いた。IGZO の成膜条件は、R[H₂]=0%、 $T_a=150^\circ\text{C}$ を標準条件(Ref)とし、水素を添加した R[H₂]=5%、 $T_a=150^\circ\text{C}$ とアニール温度を増大した R[H₂]=0%、 $T_a=300^\circ\text{C}$ の 3 種類の SDs を作製した。Refの SDs 特性をシミュレートし、R[H₂]や T_a の差が IGZO/Ag_xO 接合型 SDs 特性に及ぼす影響を検討した。

【結果・考察】 実験で得られた障壁高さ Φ_{bn} 、理想因子 n 、整流比 J_{FR} を表 1 に示す。Refに比較して R[H₂]や T_a の効果で Φ_{bn} が増大し、 n や J_{FR} は向上した。SDs 特性が改善した要因を調べるために Refの SDs 特性をデバイスシミュレーションで再現した。

光学測定結果より R[H₂]や T_a の効果で IGZO のバンドギャップが増大していることが確認でき、電子親和力の減少が示唆された。ショットキー障壁高さは金属の仕事関数と半導体の電子親和力の差で表される。Ag_xO は同条件で成膜しており仕事関数の変化はないと考えられるため、SDs 特性が改善した要因は電子親和力が減少したことによるショットキー障壁高さの増大が考えられた[1]。

このため、デバイスシミュレーションでの Ref 再現結果を基に IGZO 電子親和力が SDs 特性に及ぼす影響を検討した。シミュレーション結果から、IGZO 電子親和力が減少することでショットキー障壁高さは増大したが、実験結果(R[H₂]=5%及び $T_a=300^\circ\text{C}$ の SDs 特性)の再現には至らず、SDs 特性向上は障壁高さの増大だけでは説明できないことがわかった。R[H₂]や T_a によって IGZO 膜中の欠陥密度が減少した効果も加わり SDs 特性が改善したと考え、Ref のシミュレーション結果から電子親和力に加えて欠陥密度をパラメータに追加した結果、実験結果をよく再現できた。これらの結果より SDs 特性の改善は電子親和力と欠陥密度の減少が主要因であることを明らかにした。



【参考文献】 [1]曲勇作 他、第 75 回秋季応用物理学術講演会 20p-234A-14(2018)

表 1.各 IGZO の成膜条件の SDs 特性評価

R[H ₂] (%)	T_a (°C)	Φ_{bn} (eV)	n	J_{FR}
0	150	0.86	1.45	1.2×10^4
5	150	1.08	1.14	5.8×10^9
0	300	1.13	1.06	2.5×10^{10}

図 1.ショットキー障壁形成時のエネルギーバンド図