

組成制御した気相合成 W ジャーマナイド薄膜と n-Ge との接合特性

Low contact resistance in metal/n-Ge junctions by inserting W-germanide films synthesized by thermal chemical vapor deposition

○岡田 直也^{1,2}、内田 紀行²、金山 敏彦² (1. JST さきがけ、2. 産総研)°Naoya Okada^{1,2}, Noriyuki Uchida², and Toshihiko Kanayama² (1. JST-PRESTO, 2. AIST)

E-mail: okada-naoya@aist.go.jp

【背景】Ge-MOSFET の高性能化のためには、ソース／ドレイン接合部における接触抵抗の低減が必要である。特に、n-Ge に対する金属接合では、高いショットキー障壁が形成され、高い接触抵抗を持つ^[1,2]。これは、金属と Ge との間に高密度の界面準位が存在し、価電子帯端近くに極めて強いフェルミレベルピンニングが生じるためである。これまでに、ピンニングの解除を目的として、金属と Ge の間に絶縁体薄膜の挿入が提唱されているが、Ge とのバンドオフセットの大きな挿入層はトンネル抵抗が高いため寄生抵抗となり、接触抵抗低減を制限する。本研究では、Ge とのバンドオフセットが小さく、かつ界面準位を終端する材料として、W と Ge の化合物である W ジャーマナイド (WGe_n) 薄膜に着目し、n-Ge との接合特性を調べた。なお、WGe_n 膜の堆積はこれまでほとんど報告されていない。また、Ge 基板上 W 膜を Ge の融点近くの~900°Cまで加熱しても合金化が進まないため^[3]、熱拡散による WGe_n 膜の作製もほとんど報告されていない。

【実験及び結果】ホットウォール型反応炉内（外壁温度：150–270°C）に GeH₄ を導入し、圧力を 10–1300 Pa に保持した。その後、WF₆ を導入し、気相中で GeH₄ と WF₆ を反応させて WGe_nH_x 前駆体を合成し、下流側にある基板上（基板温度 T_s：140–270°C）に堆積し、含有する水素を熱脱離させて前駆体同士を凝集させた。WGe_n 膜/石英基板の光吸収測定から膜の光学ギャップ E_{og}、及びラザフォード後方散乱測定から Ge/W 組成比 *n* を評価し、W/WGe_n 膜/n-Ge の容量-電圧測定から接合特性を評価した。W/WGe_n は同一炉内で連続成膜した。これら WGe_n 膜がアモルファス構造であることを断面 TEM 像とラマン測定より確認した。

WGe_n 膜は *n* ≈ 2 で最大の E_{og} を示した (図 1)。*n* > 2 の範囲では、*n* の増大に伴い E_{og} が減少した。スパッタで堆積した WGe_n 膜では、*n* が変化しても E_{og} が 0.1 eV 以下の一定値を示し金属的で、膜中で W 同士の凝集が起きていると考える。

WGe_n 膜の成膜条件（基板温度、WF₆/GeH₄ 流量比）の変化に伴い、WGe_n 膜/n-Ge のショットキー障壁高さが 0.45–0.58 eV の範囲で変化した (図 2(a))。STEM-EDX より、低い障壁高さ (~0.45 eV) を示した接合界面の WGe_n 膜の *n* が ~2 であった。また、WGe_n 膜の E_{og} の増大に伴い、障壁高さが低減した (図 2(b))。以上より、WGe_n 膜の E_{og} の大きさに応じて WGe_n/Ge の接合界面の準位密度が低減して、フェルミレベルピンニングが緩和し、WGe_n 膜が *n* ≈ 2 で E_{og} が最も大きい時、障壁高さが最も低い値 ~0.45 eV を示す。この値は、最表面の W 電極の仕事関数 (~4.5 eV) に対応する。また、障壁高さの低減に応じた接触抵抗の低減を確認した (図 3)。この結果は、WGe_n 膜と Ge の接合抵抗が低いことを示し、Ge とのバンドオフセットが小さいことに基づくと考えられる。

【まとめ】Ge とのバンドオフセットの小さな狭ギャップ半導体である WGe_n 膜 (*n* ≈ 2) を Ge と金属電極の接合界面に挿入することで、フェルミレベルピンニングを緩和でき、接触抵抗の低減が可能である。

[1] T. Nishimura, *et. al.*, *APL*, **91**, 123123 (2007). [2] N. Okada, *et. al.*, *APL*, **104**, 062105 (2014). [3] S. Gaudet, *et. al.*, *J. Vac. Sci. Technol. A* **24**, 474 (2006).

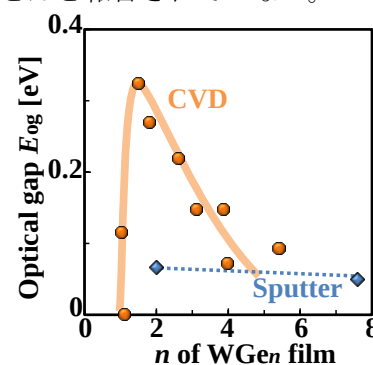


図 1. WGe_n 膜の Ge/W 組成比 *n* と光学ギャップの関係

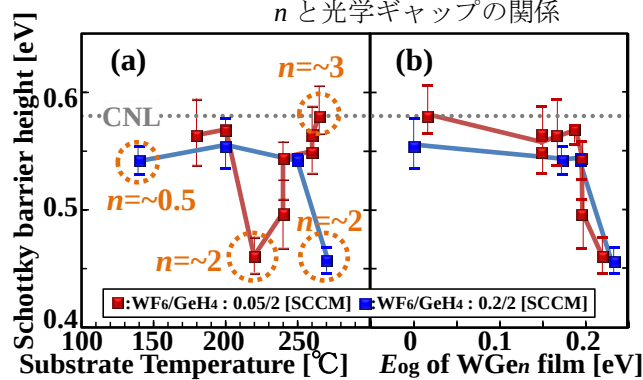


図 2. W/WGe_n 膜/n-Ge のショットキー障壁高さと (a) WGe_n 膜の成膜時の基板温度、(b) WGe_n 膜の光学ギャップの関係

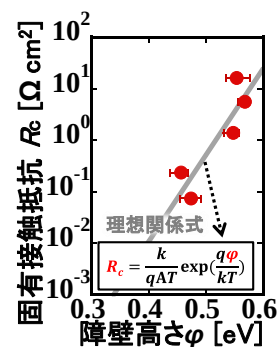


図 3. W/WGe_n 膜/n-Ge のショットキー障壁高さと固有接触抵抗の関係