

非晶質 Ge 界面層と N による Ge コントクトの外因性準位と S ファクターの変調

Alleviation of Extrinsic State and S-factor for Ge Contact by Amorphous Interlayer and N atom

九大・産学連携センター¹, 九大・総合理工学研究院²○山本 圭介¹, 王 冬², 中島 寛¹KASTEC, Kyushu Univ.¹, Dept. of Electrical and Material Science, Kyushu Univ.²°K. Yamamoto¹, D. Wang², H. Nakashima¹, E-mail: yamamoto.keisuke@astec.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに 我々は、Ge 上に TiN を直接スパッタ堆積させることで、フェルミレベルピンニング (FLP) の変調が生じて、非常に低い電子障壁のコンタクトができること、またその起源として非晶質 Ge 界面層と N 原子に起因する外因性準位の形成モデルを示してきた[1]。さらに、ZrN/Ge でも同様の現象が生じることを確認している[2]。一方で、ZrN は TiN と異なり、希 HF で容易にエッチングできるため、ZrN 堆積によって非晶質 Ge 層を形成したのちに ZrN のみを希 HF 除去すれば、非晶質 Ge を界面層とした様々な金属コンタクトを形成できる。今回、この手法により種々の金属コンタクトを形成して、外因性準位と金属の仕事関数の依存性について調査し、本モデルに関する考察を行った。

2. 実験 試料の作製手順を Fig. 1 に示す。HF 洗浄した Ge 基板上に、フォトレジストを塗布・パターニングし、その上に ZrN を rf スパッタリングによって堆積した。このとき、ZrN が堆積された部分の Ge は、N 原子を含んだ状態で非晶質化する[1,2]。次いで、ZrN を希 HF によってエッチングしたのち、種々の金属を抵抗加熱蒸着によって堆積した。最後に、フォトレジストを剥離して電極をパターニングした。これら試料の電流密度-電圧 (J - V) 特性を評価し、順方向特性からショットキー障壁高さ (SBH) を算出した。

3. 結果と考察 Figure 2 に、ZrN を rf パワー: 100 W で成膜した際の、金属/n-Ge コントクトの J - V 特性 (測定温度: 200 K) を示す。また Table II に、各金属の仕事関数、電子に対する SBH (Φ_{BN}) をまとめた[3]。概ね仕事関数の大きな金属ほど Φ_{BN} が大きいことから、仕事関数が SBH に反映されているといえる。SBH の仕事関数依存性は p-Ge に対しても確認された。これは、FLP が強力な通常金属/Ge コントクトでは見られない傾向である[4]。Figure 3 に、ZrN を 50, 100, 200 W で成膜した場合の Φ_{BN} と仕事関数の関係を示す。仕事関数と SBH の相関性を示す指標として S ファクターがあるが、Fig. 3 の近似直線の傾きがそれに該当する。ZrN の成膜 rf パワーが強いほど SBH の仕事関数依存性が弱い (S ファクターが小さい) ことから、強パワーであるほどより強い外因性準位が形成されていることが示唆される。一方で、rf パワーが弱い (50 W) 場合の S ファクターは 0.27 と、Si に匹敵する大きな値が得られた[5]。また、3 本の近似直線はほぼ一点で交わっており、このエネルギー位置 (真空準位から約 4.0 eV) に外因性準位があることを意味している。これは、TiN/Ge コントクトで伝導帯下端 -0.1 eV に外因性準位があるとする先のモデルとよく一致する[1]。

参考文献 [1] K. Yamamoto et al., APL **104**, 132109 (2014). [2] 野口 他, 第75回応用物理学会秋季学術講演会 (2014・秋). [3] H. B. Michaelson, JAP **48**, 4729 (1977). [4] A. Dimoulas et al., APL **89**, 252110 (2006). [5] S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices* 3rd ed., p. 143.

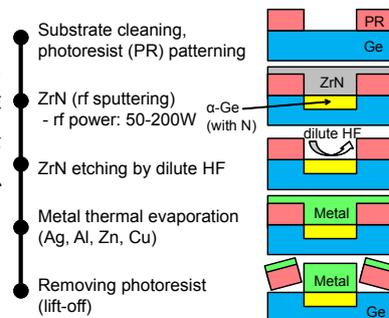


Fig. 1 Sample preparation procedure of this work.

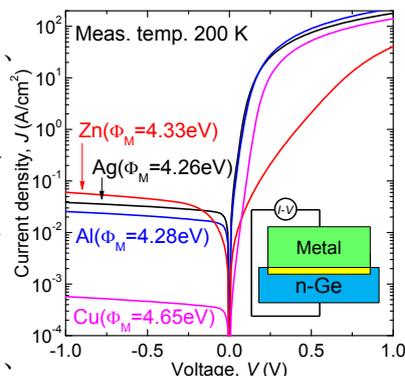


Fig. 2 J - V characteristics for n-Ge contacts with various metals. Measurement temperature was 200 K.

Table I Φ_{MS} and Φ_{BNS} for metal/Ge contacts corresponding Fig. 2.

Metal	Φ_M (eV) [3]	Φ_{BN} (eV)
Ag	4.26	0.331
Al	4.28	0.340
Zn	4.33	0.365
Cu	4.64	0.406

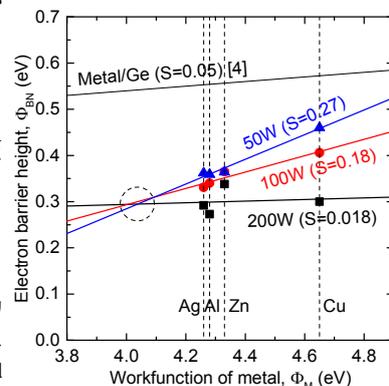


Fig. 3 Φ_{BN} versus Φ_M with various conditions for ZrN deposition.