

TiN/Ge コンタクトにおける低電子障壁発現機構の解明

Clarification of inducement mechanism of low electron barrier for a TiN/Ge contact

九大・産学連携センター¹, 九大・総合理工学研究院², 学振特別研究員³○山本 圭介^{1,3}, 光原 昌寿², 西田 稔², 王 冬², 中島 寛¹KASTEC, Kyushu Univ.¹, I-EggS, Kyushu Univ.², JSPS Research Fellow³,○Keisuke Yamamoto^{1,3}, Masatoshi Mitsuhashi², Minoru Nishida², Dong Wang¹, Hiroshi Nakashima²

E-mail: yamamoto.keisuke.577@m.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 ($\Phi_{BN}=0.09$ eV) ができることを示してきた[1,2]。しかし、その発現機構は理解できておらず、その解明に注力している。これまで、①TiN/Ge 界面に Ti を含む非晶質 Ge 層 (膜厚: 約 2 nm) が形成されていること[3]、②その界面層は導電性であること[2]、を報告している。今回、TiN/Ge コンタクトにおける窒素 (N) 原子の役割を明確化するため、ターゲットに Ti を用いたスパッタ堆積において、N₂ ガス添加効果を調査したので、その結果を報告する。

2. 実験 これまでの研究では、TiNターゲット (組成比Ti:N=1:1) を用いたrfスパッタリングによってTiN/Geコンタクトを作製していた。今回は、ターゲットにTiを用い、スパッタ時のガス流量比 (Ar/N₂) を調節する事でTiN/Geコンタクトを作製した。この時、Ar流量を30 sccmで固定し、N₂流量を0-6 sccmの間で変化させた。他の条件は、TiNターゲットの場合と同一で、rfパワー: 200 W、成膜時圧力: 6 Pa、ターゲット-基板間距離: 5 cm、電極形成後熱処理温度: 350°Cとした[2]。

3. 結果と考察 Fig. 1に、TiN/Geコンタクトの電流密度-電圧 (J - V) 特性を示す。N₂流量が0 sccmの場合、すなわち純Ti/Geコンタクトは、n-Geに対して整流性、p-Geに対してオーミック性を示し、一般的な金属/Geコンタクトの特性を示した[4]。Ti/Ge界面には、非晶質Ge層が形成されることが報告されているので[5]、今回作製したTi/Ge界面にも非晶質Ge層が形成されていると推察される。従って、Tiを含む非晶質Ge層がFLP変調の要因とは考え難い。一方、スパッタ堆積時にN₂を添加すると、N₂流量の増加に伴い、n-Geはオーミック性に、p-Geは整流性に近づいた。この事から、TiN/GeコンタクトのFLP変調には、N原子が重要な役割を果たしていると言える。

そこで、TiN/Ge界面付近のN原子の存在をTOF-SIMSで分析した。Fig. 2に分析結果を示す (試料はTiNターゲットを用いて作製)。TiN/Ge界面付近にGeN, TiGeのピークが観測され、界面にTi原子とN原子が存在していることが分かる。更に、このような強力なFLP変調を示す金属窒化物はTiN以外に見出せないことから[1]、FLP変調には非晶質なTiGeN界面層の存在が関与しているものと考えられる。

参考文献 [1] M. Iyota et al., APL **98**, 192108 (2011). [2] K. Yamamoto et al., JJAP **51**, 070208 (2012). [3] 光原 他, 第73 回応用物理学会学術講演会 (2012・秋) 11p-F5-13. [4] T. Nishimura et al., APL **91**, 123123 (2007). [5] J. B. Lai et al., JAP **89**, 6110 (2001).

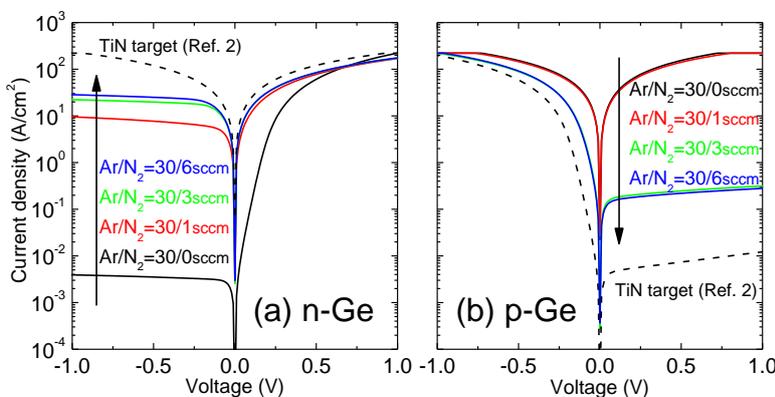


Fig. 1 J - V characteristics of (a) TiN/n-Ge and (b) TiN/p-Ge contacts. TiN electrode was fabricated using a pure Ti target and N₂ gas addition.

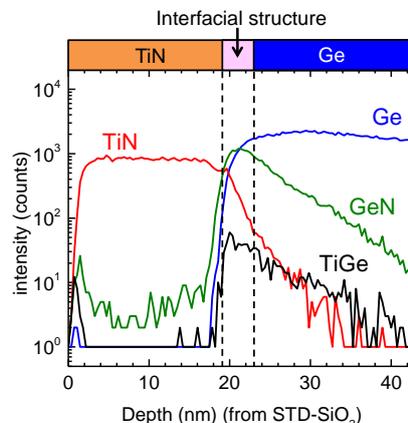


Fig. 2 TOF-SIMS result. Cs and Bi³⁺ ions were used for etching and analysis, respectively.