

界面ダイポール密度の制御による 金属/Ge 界面のフェルミレベルピンニング緩和の試み Alleviation of Fermi Level Pinning at Metal/Germanium Interface

Based on Control of Interfacial Dipole Density

○西村 知紀、矢嶋 赳彬、鳥海 明 (東大院工)

○Tomonori Nishimura, Takeaki Yajima, and Akira Toriumi (The Univ. of Tokyo)

E-mail: nishimura@adam.t.u-tokyo.ac.jp

【背景】元素金属/Ge 界面では Ge の価電子帯端近傍に極めて強いフェルミレベルピンニング (FLP) が生じる [1]. この FLP の起源に関しては多くの議論があるが、いずれの場合においても界面ダイポール層が形成され、その大きさはダイポール密度と各ダイポールの強さによって決定されると考えられる (MIGS モデルでは単位面積あたりの問題として考えれば良い). そこで本研究では金属/Ge 界面においてダイポールを形成しない Ge-Ge 結合を形成する Metal-Ge 化合物 (metal germanide) を金属電極として用いることによって、ダイポールの強さと密度を変化させ、n-Ge との接合界面との間に生じる FLP について系統的に調べた.

【実験】n(100)Ge 基板 ($N_D \sim 10^{16}/\text{cm}^3$) 上に金属 (Gd, Ho, Er, Yb, Ti, Co, Pt) 30 nm, 続けてアモルファス Ge を 20 nm をそれぞれ電子線及び加熱セルによる蒸着で成膜した後、真空中 (Base pressure: $\sim 10^{-5}$ Pa) にて 500°C , 30 min の熱処理を行い、metal germanide/n-Ge 接合を作成した. また比較の為に金属の成膜のみを行い、熱処理を行わない試料も作成した. XRD により多結晶 germanide の形成を確認し、また J - V により接合界面のショットキー特性を評価した.

【結果・考察】Fig. 1 に元素金属/n-Ge 接合、及び metal germanide/n-Ge 接合の J - V 特性を示す. 特に低仕事関数の金属 (Gd, Ho, Er, Yb) より形成した metal germanide/n-Ge 接合において off 電流、飽和電流密度 (J_s : $V=0$ における J の外挿値) の増大がみられる. 加えて J_s の値が大きい $\text{GdGe}_x/\text{n-Ge}$, $\text{HoGe}_x/\text{n-Ge}$ 接合について、 J_s の温度依存性からショットキー障壁 ($q\phi_b$) とその均一性について調べた (Fig. 2). 傾きから $q\phi_b$ はそれぞれ 0.42, 0.43 eV と見積もられ、また切片より見積もられるリチャードソン定数が文献値 ($143 \text{ A}/\text{cm}^2/\text{K}^2$ [2]) にほぼ一致することからも、局所的な障壁低下によるリークではなく均一にショットキー障壁が形成されていることが分かる. 以上より metal germanide/Ge 界面で FLP が緩和したことは、個別の金属元素によるダイポールが接合界面に形成されていることを示唆するとともに、その密度の減少によって FLP の緩和がおきていることが考えられる. このことは、最近報告されている完全な FLP からの緩和 [3,4] も、実はダイポールの強さと密度の制御の競合で起きていることを予測させる.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費基盤研究(C)25420320 の助成を受けたものです.

【参考文献】[1] T. Nishimura, et al., Appl. Phys. Lett. **91**, 123123 (2007). [2] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed. Wiley, New York 1981. [3] K. Yamane, et al., Appl. Phys. Lett. **96**, 162104 (2010). [4] T. Nishimura, et al., Microelectronic Engineering **88**, 605 (2011).

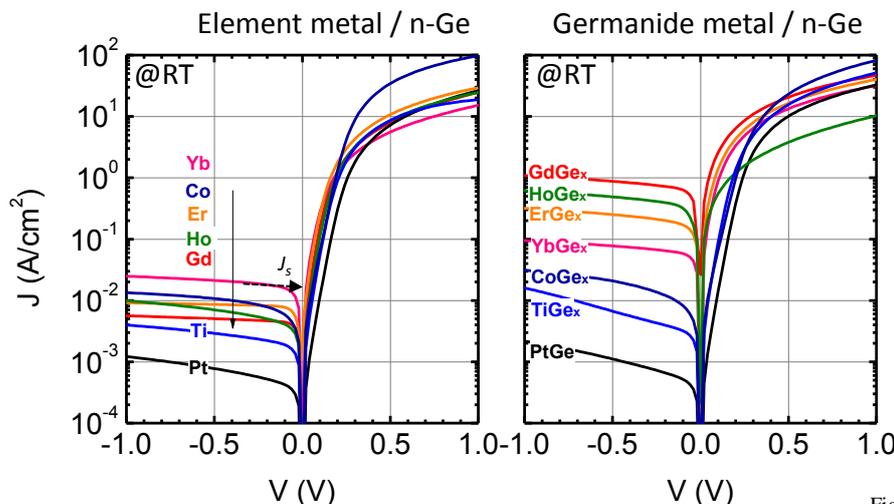


Fig. 1 J - V characteristics of various elemental metal/n-Ge and germanide/n-Ge diodes.

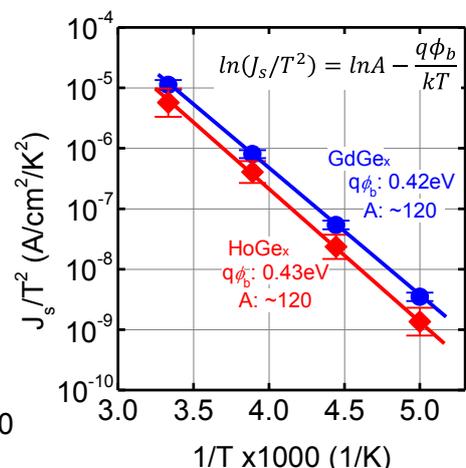


Fig. 2 Temperature dependence of saturation current density (J_s) at $\text{GdGe}_x/\text{n-Ge}$ and $\text{HoGe}_x/\text{n-Ge}$ junction. Schottky barrier height ($q\phi_b$) and Richardson constant (A) is estimated from the slope and intercept, respectively.