

Ge CMOS 向け 活性化濃度向上及び超低接触抵抗技術

Carrier Activation Enhancement and Ultra-low Contact Resistance for Ge CMOS

○三好 秀典、上野 哲嗣、秋山 浩二、廣田 良浩、貝塚 考亘 (東京エレクトロン)

○Hidenori Miyoshi, Tetsuji Ueno, Koji Akiyama, Yoshihiro Hirota, Takanobu Kaitsuka

(Tokyo Electron Ltd.) E-mail: hidenori.miyoshi@tel.com

【はじめに】高性能 Ge CMOSFET 実現のためには、外部寄生抵抗の低減、特に金属と n 型 Ge とのコンタクト抵抗率(ρ_c)の低減が必要である。本講演では、Ge 中のキャリア活性化濃度を向上 (Carrier Activation Enhancement; CAE) する技術を使用し、更に ρ_c をできるだけ正確に測定する工夫を行うことで、NiGe/p⁺-Ge 及び NiGe/n⁺-Ge コンタクトで極めて低い ρ_c を得た結果を報告する。

【実験】試料作製評価フローを Fig.1 に示す。CAE 技術として、p 型 Ge に対しては Ge-PAI (Pre-Amorphization-Implant) [1,2]、n 型 Ge に対しては、レーザーアニール (LA) [3] を使用した。Ni/Ti/Al の成膜は、金属膜間の酸化抑制のため *in-situ* スパッタで行った。また金属膜の抵抗成分を考慮してより正確な ρ_c を評価するため、RTLM [4]、もしくは CTLM の工夫 (電位測定の針の位置を変えて 2 回測定した後、2 次元 DC シミュレーションを実施) [2] により、 ρ_c を算出した。

【NiGe/p⁺-Ge】B イオン注入前に Ge-PAI を行うことで、活性化濃度は $3.6 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ から 2 倍以上の $8.4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ に向上した。また 60nm 膜厚の NiGe 構造で $2.3 \times 10^{-9} \Omega \text{cm}^2$ という極めて低い ρ_c が得られた (Fig. 2)。この ρ_c は p 型 Ge でこれまでに報告されている最も低い値 ($1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}^2$) [5] 及び 2015 年の ITRS 目標値 ($1 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}^2$) [6] より、約 1 桁低い値である。

【NiGe/n⁺-Ge】レーザーアニールを行うことで、n 型 Ge としては極めて高い活性化濃度 ($1.9 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$)、及び $1.9 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}^2$ という極めて低い ρ_c が得られた (Fig. 3)。この ρ_c は、n 型 Ge でこれまでに報告されている最も低い値 ($3 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}^2$) [7] よりも低い値である。今後、CAE 技術の更なる改善、あるいは Schottky Barrier Height (SBH) の低減技術と組み合わせることで、n 型 Ge に対しても $\rho_c < 1 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}^2$ が達成可能になると考えられる。 【謝辞】レーザーアニールの実験にご協力をいただいたワイエイシイフェトン(株)の工学博士 松野明氏に深く感謝します。

[1] T. Ueno *et al.*, SSDM (2012) PS-1-8. [2] H. Miyoshi *et al.*, JJAP **53** (2014) 04EA05. [3] G. Thareja *et al.*, IEDM (2010) 10.5. [4] R. Dormaier *et al.*, JVSTB **30** (2012) 031209. [5] P. Bhatt *et al.*, IEEE EDL **35** (2014) 707. [6] ITRS 2011, Table FEP12. [7] M. Koike *et al.*, APE **7** (2014) 051302.

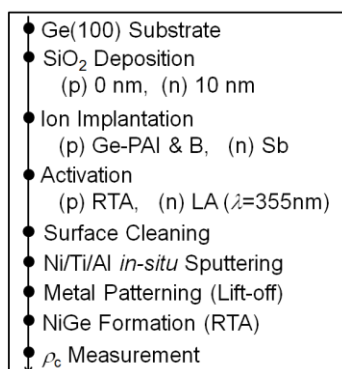


Fig.1 Key process flow.

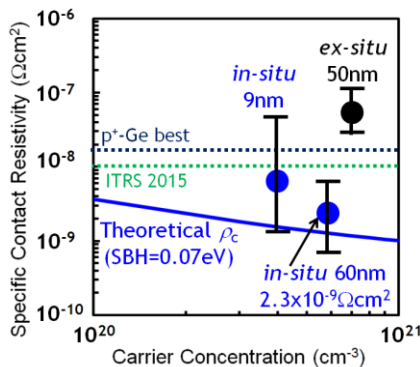


Fig. 2 ρ_c of NiGe/p⁺-Ge contacts.

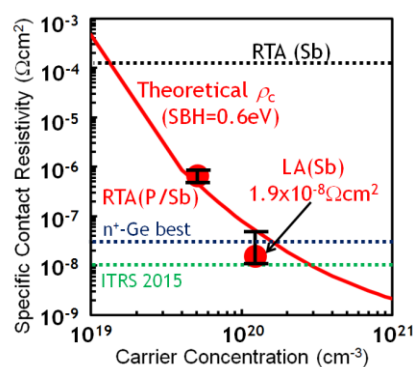


Fig. 3 ρ_c of NiGe/n⁺-Ge contacts.