

# 非晶質 Zr-Ge-N 層上への金属堆積による低抵抗 Ge コンタクトの形成

## Fabrication of Low Resistivity Metal/Ge Contact with Amorphous Zr-Ge-N Interlayer

九大・大学院総合理工学府/研究院<sup>1</sup>, 九大・産学連携センター<sup>2</sup>

○(M2)岡本 隼人<sup>1</sup>, 山本 圭介<sup>2</sup>, 王 冬<sup>1</sup>, 中島 寛<sup>2</sup>

IGSES, Kyushu Univ.<sup>1</sup>, KASTEC, Kyushu Univ.<sup>2</sup>

°Hayato Okamoto<sup>1</sup>, Keisuke Yamamoto<sup>2</sup>, Dong Wang<sup>1</sup>, Hiroshi Nakashima<sup>2</sup>

E-mail: 2ES15011Y@s.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに 高移動度 Ge n-MOS デバイス実現の課題のひとつが、低コンタクト抵抗 ( $\rho_c$ ) を有する金属/ $n^+$ 接合の形成である。金属/Ge 界面で生ずるフェルミレベルピンニングと、Ge の不純物固溶度の低さが、低  $\rho_c$  の実現を困難にしている。これまでに我々は、低電子障壁 ( $\Phi_{BN} \sim 0.1$  eV) を有する TiN/Ge コンタクトで  $7.9 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}^2$  の比較的良好な  $\rho_c$  の形成に成功しているが[1]、 $\Phi_{BN}$  から期待される値および Ge n-MOS デバイスに必要とされる値には達していない[2]。一方で、TiN が示す低  $\Phi_{BN}$  は、TiN/Ge 界面に形成される窒素を含んだ非晶質界面層 (a-IL: N) に依ること[3]、また a-IL: N 上の金属を変えることで金属の仕事関数 ( $\Phi_M$ ) に応じて  $\Phi_{BN}$  を広範に制御可能なこと[4]、が分かっている。これらを踏まえ、低  $\Phi_M$  金属/a-IL: N/ $n^+$ -Ge 構造による低  $\rho_c$  コンタクト形成を試みた。その結果を報告する。

2. 実験 今回、Circular Transmission Line Model (CTLM) 法[5]を用いて  $\rho_c$  を測定した。試料の作製手順を Fig. 1 に示す。希 HF 洗浄した p-Ge 基板上にリンを固相熱拡散させ、 $n^+$ 層 ( $N_D = 3.9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) を形成した。その後、フォトレジストをリング状にパターニングし、次いで ZrN をスパッタ堆積して界面に a-IL: N を形成した。TiN ではなく ZrN を用いた理由は、希 HF で容易にエッチングが可能のためである。続いて、希 HF により ZrN を除去した後比較的低い  $\Phi_M$  を有する、Zr・Ag・Al・Ti を堆積した (Ti・Zr はスパッタ堆積、Al・Ag は真空蒸着堆積)。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、 $N_2$  雰囲気中で 10 分間の PMA 処理 (250~450°C) を行った。

3. 結果と考察 Figure 2 に、作製した試料の CTLM 測定結果を示す (Al の結果は省略)。また、Table I に今回用いた各金属の  $\Phi_M$  と得られた最小の  $\rho_c$  を纏めた[6]。CTLM 法において  $\rho_c$  は、シート抵抗 ( $R_{sheet}$ : CTLM プロットの傾き) と transfer length ( $L_T$ : CTLM プロット x 軸切片の 1/2) から  $\rho_c = L_T^2 R_{sheet}$  の関係によって求められる。Zr 及び Ti を電極に用いた構造では、それぞれ ZrN 及び TiN 電極の結果よりも低い  $\rho_c$  が得られており、電極材料の低抵抗化が効果を表していることが示唆される。また、Ag/a-IL: N/ $n^+$ -Ge では、 $7.15 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{cm}^2$  の極めて小さな  $\rho_c$  が得られた。一方で、 $\rho_c$  と金属の  $\Phi_M$  との間に相関関係は確認されなかった。一般に、界面層を有する金属/半導体接合の  $\rho_c$  は、界面層の抵抗率と実効的障壁高さの双方に影響されると言われている[7]。講演当日はこの観点から今回作製した系の  $\rho_c$  について議論する。

参考文献 [1] K. Yamamoto et al., JJAP **51**, 070208 (2012). [2] H. Miyoshi et al., JJAP **53**, 04EA05 (2014). [3] K. Yamamoto et al., JAP **118**, 115701 (2015). [4] 山本 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 2014 年秋, 19a-A15-9. [5] D. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization 3rd ed., pp.144-145, Wiley (2006). [6] H. B. Michaelson, JAP **48**, 4729 (1977). [7] J. -Y. J. Lin et al., IEEE EDL **33**, 1541 (2012).

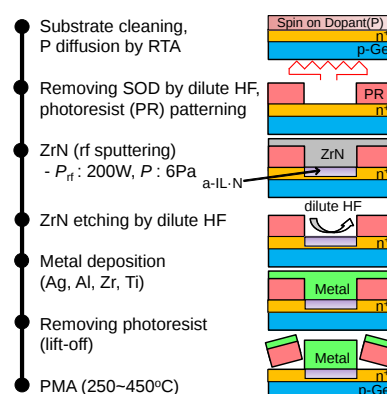


Fig. 1 Sample preparation procedure of this work.

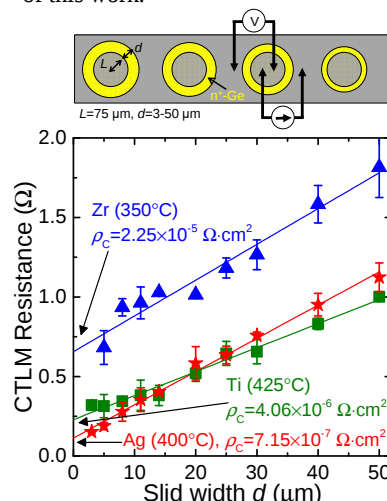


Fig.2 Measurement configuration of CTLM and its plots for various metal/a-IL: N/ $n^+$ -Ge.

Table I Summary of  $\Phi_M$  and the lowest  $\rho_c$  for each contact in this study.

| Metal | $\Phi_M$ (eV) [6] | $\rho_c$ ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ) |
|-------|-------------------|-----------------------------------------|
| Zr    | 4.05              | $2.25 \times 10^{-5}$                   |
| Ag    | 4.26              | $7.15 \times 10^{-7}$                   |
| Al    | 4.28              | $3.39 \times 10^{-4}$                   |
| Ti    | 4.33              | $4.06 \times 10^{-6}$                   |
| TiN   | -                 | $7.9 \times 10^{-6}$ [1]                |
| ZrN   | -                 | $6.3 \times 10^{-4}$ [3]                |