

Spin on Glass からの固相拡散による Ge 中の n 型不純物拡散挙動 Diffusion properties of n-type dopants diffused from Spin on Glass into Ge

東京大学¹ ○(M2) 高口遼太郎¹, 竹中充¹, 高木信一¹

The University of Tokyo¹, ○R. Takaguchi¹, M. Takenaka¹ and S. Takagi¹

E-mail: takaguchi@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】トンネル FET (TFET) は steep slope device の一つとして注目されている。Ge は狭いバンドギャップを持つだけでなく、p チャネル MOS 動作が可能であり、p チャネル TFET の材料として期待される。我々は SOG からの n 型不純物の固相拡散により形成したソース・トンネル接合をもつ p-TFET の動作を実証した^[1]が、特性向上のためには、欠陥が少なく高濃度で急峻な不純物分布をもつ接合形成が必須である。本研究では、Ge 中での n 型不純物分布の決定機構を明らかにするため、異なる不純物種の分布を実験的に求めると共に、その精密なモデル化に成功し、分布急峻化のための指針を明らかにしたので報告する。

【実験手法】p 型 Ge ((100), $N_D \sim 1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) 上に 3000 rpm で SOG を塗布し、 N_2 雰囲気下の RTA 炉で P, As, Sb の拡散を行った。SOG を剥離した後、SIMS によって不純物分布を測定した。

Ge 中の n 型不純物 (A^+) の拡散は E センター (A^+V^-) によって仲介されると考えられており、拡散定数の式として式(1)がしばしば用いられる。

$$D_{A^+V^-} = -D_{A^+V^-}^0 (C_{A^+}/n_i)^r \quad (1)$$

ここで、 r は空孔の電荷、 $D_{A^+V^-}^0$ は低濃度極限での拡散定数、 n_i は真性キャリア濃度、 C_{A^+} は n 型不純物濃度である。しかし、式(1)は $C_{A^+} \gg n_i$ を仮定して式(2)を近似したものであり、Ge のように n_i が大きい材料には適していないと考えられる。

$$D_{A^+V^-} = - \left(1 + \frac{C_{A^+}/2n_i}{\sqrt{1 + (C_{A^+}/2n_i)^2}} \right) D_{A^+V^-}^0 \left(\frac{C_{A^+}}{2n_i} + \sqrt{1 + \left(\frac{C_{A^+}}{2n_i} \right)^2} \right)^r \quad (2)$$

そこで、本研究では式(2)を拡散定数の式として用い、 $D_{A^+V^-}^0$ をフィッティングパラメータとすることでフィッティングを行った。

【実験結果】式(1)と式(2)を用いて As の不純物分布のフィッティングを行った。結果を Fig. 1 に示す。式(1)を用いるよりも式(2)を用いた方が実際の分布をよく再現できることがわかる。また、高温で低濃度なほど C_{A^+}/n_i が小さくなってしまい、式(1)が当てはまらなくなること確認できる。さらに、式(2)を用いて 3 種類の n 型不純物の分布のフィッティングを行った。結果を Fig. 2 に示す。(2)式の A^+V^- モデルがすべての n 型不純物分布とよく一致した。また、表面濃度が低いほど A^+V^-

モデルと A^+V^- モデルとの差は小さい。式(1)では拡散定数の濃度依存性が高いほど不純物分布が急峻になることが知られているが、式(2)では A^+V^- モデルの下でも、急峻な分布が得られるとはいえないことがわかる。これは、 C_{A^+}/n_i が小さい場合、式(2)は、近似的に式(1)の形をした複数の異なる濃度依存性を持つ項の和で表され、低次の項が不純物分布を緩やかにするためである。結果として、不純物分布を急峻にするためには、 C_{A^+}/n_i を十分大きくする必要があり、真性キャリア濃度が低い低温の方が不純物分布を急峻にできるといえる。フィッティングにより得られた真性キャリア濃度での拡散定数を Fig. 3 に示す。すべての n 型不純物で先行研究^[2]よりも大きな拡散定数が得られた。SOG からの固相拡散中に Ge 表面が酸化され、拡散が促進されたためと推察される。

【まとめ】SOG からの固相拡散による Ge 中の n 型不純物拡散の拡散に関して、その精密なモデル化に成功した。分布の急峻化のためには、真性キャリア濃度の影響の少ない低温の拡散が有利であることを明らかにした。

【謝辞】本研究は、JST CREST, JPMJCR1332 の支援を受け実施した。

【参考文献】[1] R. Takaguchi et al., JJAP, **57**, 04FD10, 2018. [2] S. Brotzmann and H. Bracht, JAP, **103**, 033508, 2008.

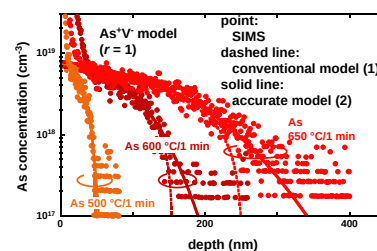


Fig.1 SIMS profiles of As after 1 min diffusion and fitting curves using eq(1) and eq (2)

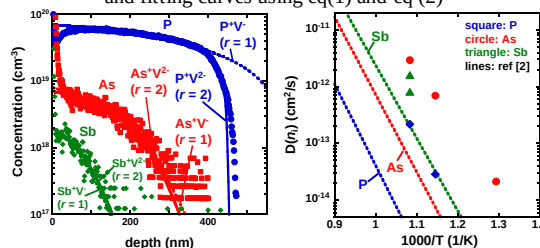


Fig.2 SIMS profile of P, As, and Sb after 650 °C/1 min diffusion and fitting curves using $r=1,2$ model of eq (2)

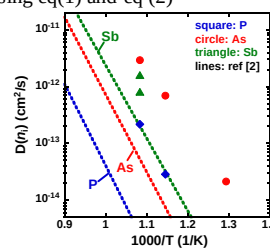


Fig.3 Intrinsic diffusion coefficient extracted from SIMS profile by fitting $r=2$ model of eq (2)