

シリケイン及びゲルマナン MOSFET の バリスティック輸送特性の結晶方位依存性

Crystal Orientation Dependence of Ballistic Transport Characteristics in Silicane and Germanane MOSFETs

神戸大工 ○岡 直左, 兼古 志郎, 相馬聡文, 小川 真人

Kobe Univ. ○N. Oka, S. Kaneko, S. Souma, M. Ogawa

E-mail: 163t211t@stu.kobe-u.ac.jp

近年、微細化に頼らず新材料や新構造を導入し、LSI の性能を向上させる MOSFET の研究が脚光を浴びている。中でも、新しいチャネル材料として二次元半導体材料であり、Si 及び Ge で構成される単分子層ハニカム格子は、現在のシリコンテクノロジーとの親和性の良さから注目を集めている。シリケイン及びゲルマナン(図 1)では単分子層上下のダンダリングボンドを水素終端する効果により sp^3 結合が維持され、バンドギャップが発生することが特徴であり、電子デバイス等への応用にも期待が集まる。しかし、それらの新材料の電子状態は第一原理計算[1]から明らかになっているものの、シリケイン及びゲルマナンをチャネル材料とした FET の性能評価はまだ十分ではない。そこで、本稿では、強束縛(TB)近似法から得られた電子状態に基づいて、FET のバリスティック輸送特性、特にその結晶方位依存性に焦点を当てて解析を行った。

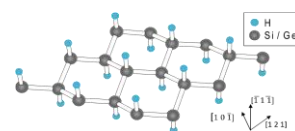


Fig. 1 Schematic illustration of silicane and germanane.

本研究では、バンド構造を解析する上で、スピン軌道相互作用を考慮した $sp^3d^5s^*$ TB 法を用い、そのパラメータとして文献[2, 3, 4]を採用した。また、ホッピングパラメータの原子間距離依存性は、ハリソン則[5]に従うとし、その最適化距離は第一原理計算[1]で得られた値とした。次に、Top-of-the-barrier モデル[6]を用いて、シリケイン及びゲルマナンをチャネルとするダブルゲート構造 MOSFET のバリスティック輸送下での $I_D - V_G$ 特性を計算した結果を Fig.2(丸と四角は結晶方位 $[10\bar{1}]$ 及び $[121]$ を意味する)に示す。ここで $T_{ox} = 3$ nm, $I_{off} = 5$ nA/ μ m, $V_D = 0.5$ V としている。どちらの材料においてもソース・ドレイン方向を $[10\bar{1}]$ とした場合の方が高い電流駆動力を示す。これは、Fig.3 に示すように、キャリアの平均速度が $[10\bar{1}]$ 方向の方が大きくなっていることが影響していると考えられる。

文献 [1] K. L. Low et al., *IEEE-TED* **61** (2014) 1590. [2] T. B. Boykin et al., *Phys. Rev. B* **69** (2004) 115201. [3] Y. Zheng et al., *IEEE-TED* **52**(2005) 1097. [4] G.Dresselhaus et al., *Phys. Rev* **100** (1955)580. [5] J. M. Jancu et al., *Phys. Rev. B* **57** (1998) 6493. [6] A. Rahman et al., *IEEE-TED***50** (2003) 1853. [7] K. Shimoida et al., *IEEE-TED* **60** (2013) 117.

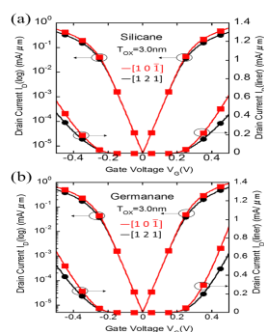


Fig. 2 $I_D - V_G$ characteristics of double-gate FETs under ballistic transport for (a)silicane and (b)germanane

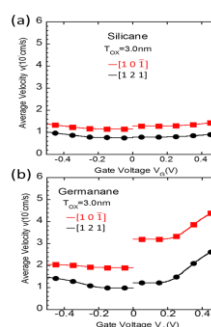


Fig. 3 Gate voltage dependence of carrier average velocity in (a) silicane and (b) germanane.