

## SOI ウエハ上の Si ワイヤの表面電位分布シミュレーション

## Simulation of potential distribution of Si wire prepared on SOI wafer

静大<sup>1</sup>, 早大<sup>2</sup>, 学振<sup>3</sup>, マラヤ大<sup>4</sup>, 産総研<sup>5</sup> ○川合 健斗<sup>1</sup>, 鈴木 悠平<sup>1</sup>, 岡 晃人<sup>1</sup>橋本 修一郎<sup>2</sup>, 姫田 悠矢<sup>2</sup>, 武澤 宏樹<sup>2</sup>, 熊田 剛大<sup>2</sup>, 島 圭佑<sup>2</sup>, 富田 基裕<sup>2,3</sup>立岡 浩一<sup>1</sup>, ファイズ サレ<sup>4</sup>, 猪川 洋<sup>1</sup>, 松木 武雄<sup>5</sup>, 松川 貴<sup>5</sup>, 渡邊 孝信<sup>2</sup>, 池田 浩也<sup>1</sup>Shizuoka Univ.<sup>1</sup>, Waseda Univ.<sup>2</sup>, JSPS Research Fellow<sup>3</sup>, Univ. of Malaya<sup>4</sup>, AIST<sup>5</sup> ○T. Kawai<sup>1</sup>,Y. Suzuki<sup>1</sup>, A. Oka<sup>1</sup>, S. Hashimoto<sup>2</sup>, Y. Himeda<sup>2</sup>, H. Takezawa<sup>2</sup>, T. Kumada<sup>2</sup>, K. Shima<sup>2</sup>, M. Tomita<sup>2,3</sup>,H. Tatsuoka<sup>1</sup>, F. Salleh<sup>4</sup>, H. Inokawa<sup>1</sup>, T. Matsuki<sup>2,5</sup>, T. Matsukawa<sup>5</sup>, T. Watanabe<sup>2</sup>, H. Ikeda<sup>1</sup>

E-mail: kawai.taketo.14@shizuoka.ac.jp

【研究背景】熱電変換デバイスの性能向上のためにナノ構造の導入が注目されているが、ナノ構造試料のゼーベック係数を測定することはその試料サイズから非常に困難である。我々はナノ構造のゼーベック係数を測定する新たな方法として、表面電位顕微鏡 (KFM) による測定技術を提案している。実際にマイクロメートルオーダーの Si ワイヤ (厚さ 50 nm, 幅 5  $\mu\text{m}$ , 長さ 15  $\mu\text{m}$ ) を SOI (Si on insulator) 基板に作製し、その表面電位分布を KFM で測定したところ、Si ワイヤの端で電位が上昇する像が得られた[1]。この要因として、試料中に存在する捕獲電荷や電気力線の回り込みの影響が考えられる。

本研究では、COMSOL Multiphysics を用いて SOI 構造試料の電位分布を計算することにより、KFM で観測された特異な電位分布の原因を明らかにする。

【計算モデル】Fig.1 にシミュレーションで用いた試料構造の概略図を示す。Si 基板はアクセプタ濃度  $N_A=10^{16} \text{ cm}^{-3}$  であり、SOI 層はアクセプタ濃度  $N_A=10^{15} \text{ cm}^{-3}$  で一様にドーピングした。カンチレバーを模した Au 層を SOI 表面から空気層によって 10 nm 離れた状態で設置した。ポアソン方程式を解くことでこの構造の電位分布を計算した。さらに、SOI 層と埋め込み酸化膜 (BOX) 層の界面に固定電荷を置いたときの電位分布変化について調べた。

【計算結果】計算によって得られた電位プロファイルを図 2 に示す。挿入図は、SOI 層付近の電位プロファイルの拡大図である。緑色の実線は界面電荷がない場合の電位プロファイルを示しており、予想される電位分布に一致することを確認した。

橙色の破線及び赤色の破線は、それぞれ電荷密度  $N_q=6 \times 10^8$  及び  $6 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  の正電荷を SOI/BOX 界面に置いた場合の電位プロファイルである。

$N_q=6 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$  の場合は、電荷の影響が小さいために、界面電荷の無いときの電位プロファイルとほぼ一致している。一方、 $N_q=6 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$

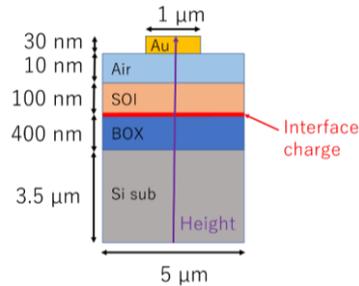


Fig.1:Geometric diagram

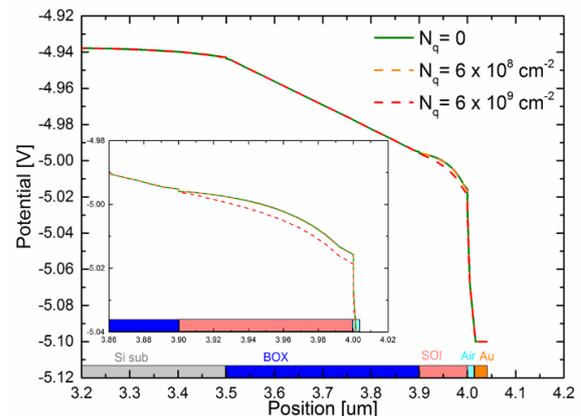


Fig.2:Potential profile

における電位プロファイルでは、SOI 層の電位が界面電荷無しの場合に比べて減少した。KFM 測定では、カンチレバーと試料を電氣的に接触させ、その間に働くクーロン力がゼロになるように試料に電圧を印加する。従って、シミュレーション結果における空気層で発生した電位差が KFM で測定される値に相当する。Fig.2 より、SOI 層と空気層の界面における電位は電荷量の増加に伴って減少している。このことは SOI 試料を KFM で測定する場合、基板や SOI 層に存在する電荷が SOI 層の電位測定に影響を与えることを示唆している。現在、SOI 層の形状や Au 板の位置を実際の KFM 測定に則した構造にして解析を進めている。

[1] 鈴木他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 18p-P3-16, 2018.