

# 容量値の時間応答を利用した Ge MOS 界面における遅い準位の定量的評価 Quantitative evaluation of slow traps near Ge MOS interfaces by using time response of MOS capacitance

東大工<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>○田中克久<sup>1,2</sup>, 張睿<sup>1,2</sup>, 竹中充<sup>1,2</sup>, 高木信一<sup>1,2</sup>Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>○K. Tanaka<sup>1,2</sup>, R. Zhang<sup>1,2</sup>, M. Takenaka<sup>1,2</sup>, and S. Takagi<sup>1,2</sup>

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

【はじめに】Si に比べて高い電子・正孔移動度をもつ Ge は、LSI の高性能化のために、MOSFET のチャネル材料として期待されている。しかし、Ge MOS 界面は界面準位密度( $D_{it}$ )が大きいという点が、これまで高性能化のための課題となっていた。この課題に対し我々は、Ge 上への ALD  $Al_2O_3$  堆積後の ECR プラズマを用いた後酸化により、1 nm 以下の EOT の下でも低  $D_{it}$  が実現できることを示した[1]。一方、残された Ge MOSFET の課題の 1 つとして、MOSFET の電流特性や閾値の時間変動がある[2, 3]。これは Ge MOS 界面近傍に存在する遅い準位(slow trap)が起源と考えられるが、この slow trap の物理的性質は殆ど解明されていない。そこで今回、slow trap の定量的評価の方法として、Ge MOS キャパシタを用いた容量値の時間応答から slow trap に関する物理量を推定する方法を考案し、trap 量と応答時間の 2 つの観点から、その定量的評価を実験的に行った。

【実験結果】図 1 に、今回行った評価手法を示す。はじめに、MOS 界面の準位にキャリアを捕獲させるために電圧  $V_{trap}$  を一定時間( $T_{trap}$ )だけ印加した。 $T_{trap}$  時間経過後、印加電圧を  $V_{trap}$  から  $V_{FB}$  近傍の測定電圧  $V_{hold}$  に切り替え、容量値の時間応答を測定した。測定した容量値の変化量を表面ポテンシャル  $\phi_s$  の変化量に変換し、その値から測定時に界面を出入りするキャリア量を計算した。

図 2 に今回用いた Au/ $Al_2O_3$ /GeO<sub>x</sub>/Ge MOS キャパシタの C-V 特性を示す。GeO<sub>x</sub> 層はプラズマ後酸化により形成した[1]。n-Ge MOS キャパシタに対し、 $V_{trap}$  を 1.5V から 0V まで変化させたときの容量-時間特性(C-t 特性)を図 3 に示す。 $V_{trap}$  をより強蓄積にすると、測定初期時の容量値と飽和値との変化量が大きくなることから分かる。

次に、この C-t 特性から各エネルギーに対する slow trap 量(図 4(a))と 時定数(図 4(b))を求めた。図 4(a)から、n-Ge、p-Ge キャパシタ共に slow trap は検出されるが、n-Ge キャパシタで検出される準位量が大きく、slow trap は伝導帯端近傍に多く存在していることが分かる。図 4(b)から、slow trap の平均時定数は、 $10^3$ - $10^4$  s と非常に長く、また、伝導帯端に近づくほど時定数が長くなることから分かる。この結果は、伝導帯近傍では、準位からキャリアが放出されるまで時間がかかる、絶縁膜中のより深い部分にまで、キャリアが捕獲されているためと考えられる。

【謝辞】本研究の一部は、文科省・科学研究費補助金 (No. 23246058) により実施した。

【参考文献】[1] R. Zhang *et al.*, APL **98**, 112902 (2011). [2] R. Zhang, *et al.*, IEDM, 642 (2011). [3] J. Franco *et al.*, IEDM, 397 (2013).

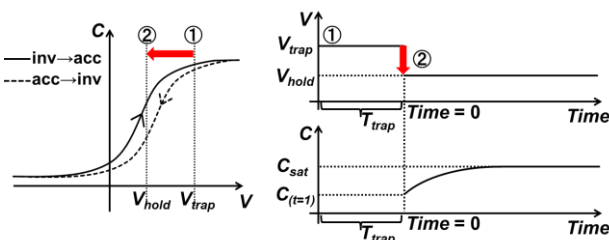


Fig. 1 Schematic diagrams to show gate voltage application in measurements of time response of MOS capacitance

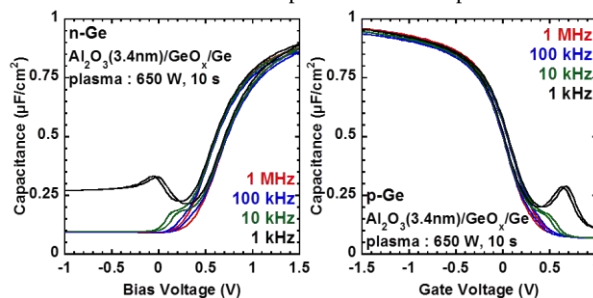


Fig. 2 C-V characteristics of Au/ $Al_2O_3$ /GeO<sub>x</sub>/Ge MOS capacitors

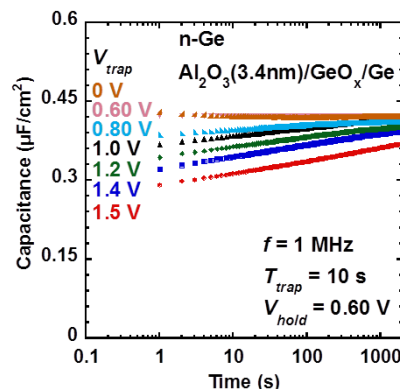


Fig. 3 C-t characteristics of an n-Ge MOS capacitor

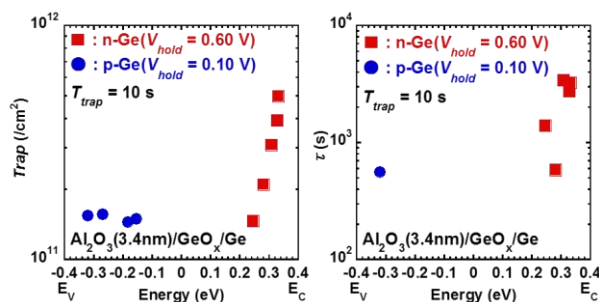


Fig. 4 (a) amount of slow traps near Au/ $Al_2O_3$ /GeO<sub>x</sub>/Ge MOS interfaces (b) time constant of slow traps near Au/ $Al_2O_3$ /GeO<sub>x</sub>/Ge MOS interfaces