

Kr/O₂ プラズマ酸化法を用いた HfO₂/Ge 構造の作製及び評価

Fabrication and evaluation of HfO₂/ Ge structure using Kr/O₂ plasma oxidation method

農工大院工、○所附武志、岩崎好考、上野智雄

Tokyo Univ. of agri. & Tech. Takeshi Tokorozuki, Yoshitaka Iwazaki, Tomo Ueno

E-mail:s188805w@st.go.tuat.ac.jp

1.背景

今日までの LSI 技術は Si-MOSFET の微細化により発展を遂げてきた。しかしながら微細化に伴い、ゲートリーク電流の増加や短チャネル効果によるパンチスルーの発生など様々な問題が生じる。その為微細化に代わる性能向上の方法として、絶縁膜における高誘電率材料(High-k)の導入と、基板への高移動度材料の導入が検討されている。中でも Ge は Si に比べ電子、正孔ともに高い移動度を示しており、最も注目される半導体の一つである。

これらを使用した High-k/Ge 構造は次世代ゲート構造として期待されているが、High-k 絶縁膜として用いられる HfO₂ と Ge は相性が悪く、良好な電気的特性が得られにくいことが報告されている。この原因は成膜プロセス温度の高さであると考え、本研究では Kr/O₂ プラズマ酸化法を導入した。この手法ではプラズマ内で生成される原子状酸素の酸化力の強さから低温での酸化が期待できる。今回は熱酸化法に比べ Kr/O₂ プラズマ酸化法が有効か検討すると共にプロセス温度を低温化させることで特性が改善されるか実験を行った。

2.実験方法

p-Ge(100)基板を洗浄後、スパッタリング法により Hf を 4[nm]堆積させる。この Hf/Ge 構造に対して熱酸化法と Kr/O₂ プラズマ酸化法により HfO₂/Ge 構造を作製し、真空蒸着法により Al 電極を蒸着した。実験条件は以下の通りである。

○熱酸化条件

- ・ O₂ 流量 10[sccm]
- ・ 基板温度 250~450[°C] 酸化時間 60[min]

○Kr/O₂ プラズマ酸化条件

- ・ O₂ 流量 1[sccm] Kr 流量 100[sccm]
- ・ 基板温度 250[°C]~350[°C] 酸化時間 60[min]
- ・ マイクロ波電力 100[W]

3.実験結果と考察

熱酸化法により酸化した場合は 450[°C]~250[°C]のどのプロセス温度においても MOS 構造としての C-V 特性が得られず、酸化温度を 450[°C]から下げてもリーク電流を減少させることは出来なかった。

Fig.1、Fig.2 にはそれぞれプラズマ酸化時の温度ごとの C-V 特性、高周波 C-V のヒステリシスから算出された表面電荷密度 N_{ss}を示しているが、熱酸化法に対してプラズマ酸化法を用いた場合は表面電位のコントロールができていたことが確認され、Fig.3 より大幅にリーク電流を減少させられていることから、

350[°C]以下の低温下においても金属 Hf を緻密に酸化できていると推測される。以上より Kr/O₂ プラズマ酸化法が熱酸化法より有効であることが分かった。

そして、プラズマ酸化温度を 350[°C]から 250[°C]に低温化させた結果、界面準位に起因する周波数分散が大きく抑えられており、加えて N_{ss} の値もほぼ半減していることが分かる。これらの界面特性改善の要因は成膜プロセスの低温化を行うことで Hf と Ge の相互作用を抑えながらも、原子状酸素によって確実に Hf の酸化を進行させられた為であると考察される。

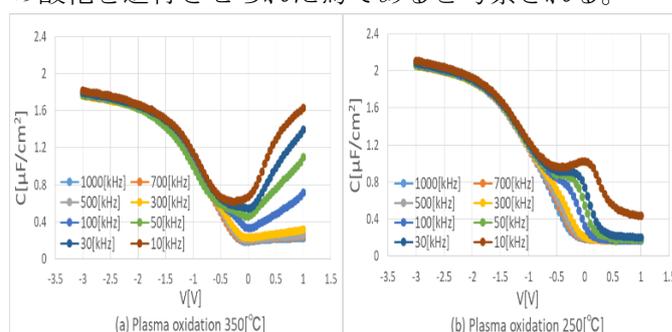


Fig.1 C-V characteristic

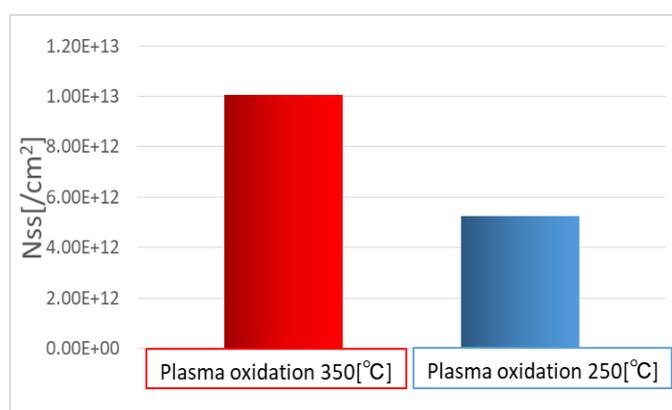


Fig.2 Surface charge density N_{ss}/cm²

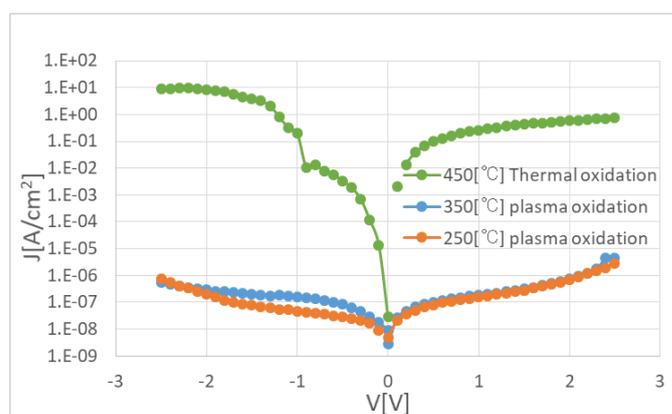


Fig.3 Leak current characteristic