

低温高圧酸化による EOT 1.2 nm Ge/GeO₂ スタックの形成1.2 nm EOT of Ge/GeO₂ Stack with Low Temperature High-Pressure Oxidation

東大院工, JST-CREST ○李忠賢, 西村知紀, 田畑俊行, 長汐晃輔, 鳥海明

The Univ. of Tokyo, JST-CREST ○C. H. Lee, T. Nishimura, T. Tabata, K. Nagashio, A. Toriumi

E-mail: lee@adam.t.u-tokyo.ac.jp

[Introduction] 我々は Ge/GeO₂ ゲートスタック形成において高圧酸化は GeO の脱離を抑制し Ge/GeO₂ 界面の制御に有効であることを報告した [1]。しかしながら、Si の酸化メカニズム [2] から予測される高圧酸化による酸化レートの増加は Ge/GeO₂ スタックの薄膜化において大きな課題であると考えられるが、500°C 以下の低温領域で酸化レートが圧力逆依存性を示すことを報告した [3]。本研究では低温高圧酸化による酸化レートの減少とその物理的なメカニズムを調べ良好な薄膜 Ge/GeO₂ スタックの形成を目的とする。

[Experiment] p-Ge(100)基板を HF-last 洗浄した後、高圧酸化炉において 0.01~70 気圧の酸素を室温で封入して 450~550°C の範囲で熱酸化を行った。酸化膜の厚さと密度は分光エリプソメリー測定と X 線反射率測定により決定した。更にゲート電極、及びバックコンタクト電極として Au と Al をそれぞれ基板上に蒸着し、界面特性を C-V 特性により評価した。

[Results and Discussion] Fig. 1(a)に 500°C で形成した熱酸化膜厚の時間依存性を酸素分圧ごとに示す。1 気圧以上で酸化レートの逆酸素圧力依存性が見える。Fig. 1(b)に酸化膜厚と酸素圧力の関係を示す。ここで酸化時間は 30 分に(parabolic region)固定し酸化温度と酸素圧力がパラメータである。520°C 以下の酸化温度では酸素圧力の増加と共に酸化レートの減少が見られた。これらは低温高圧酸化により形成した GeO₂ の高密度化による膜中の酸素拡散が遅くなるためだと考えられる。実際に X 線反射率測定から見積もった低温高圧酸化膜の密度は高温高圧酸化膜と比べ約 10% 高く、wet etching レートも遅くなるのが分かった。Fig. 2 に低温高圧酸化で形成した EOT ~1.2 nm Ge/GeO₂ stack の C-V 特性を示す。ここで酸素圧力は 70 気圧で酸化温度は 500°C である。Pure Ge/GeO₂ スタックでは最も薄膜化されたものであり、ヒステリシスや空乏領域での周波数分散がないことから低温高圧酸化により良好な Ge/GeO₂ 界面ができたと考えられる。ゲートリーク電流についても EOT ~1.2 nm で Si/SiO₂ スタックと比べ約 3 桁低くなった。故に低温高圧酸化が薄膜 Ge/GeO₂ スタック形成で極めて有効であると言える。

[Reference] [1] C. H. Lee *et al.*, *APEX*, 2, (2010) 071404. [2] B. E. Deal and A. S Grove, *JAP*, 36, (1965) 3770. [3] 岡村ら, 2012 秋季応用物理学会, 12p-F4-4.

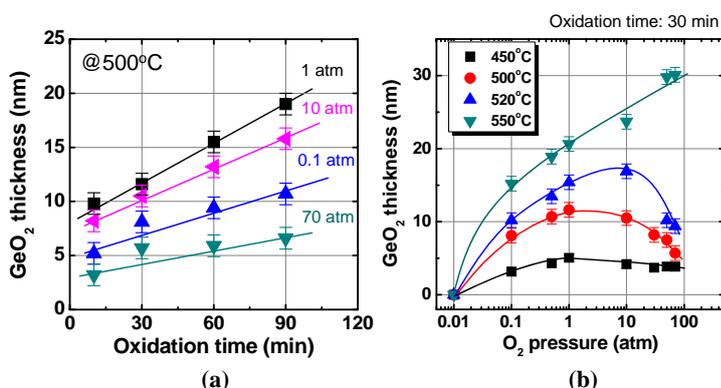


Fig. 1 (a) Oxidation-time dependence of GeO₂ thickness at 500°C as a parameter of P_{O_2} . (b) GeO₂ thickness versus P_{O_2} relationship in a wide range of oxidation temperature, where oxidation time is fixed at 30 min. A reverse P_{O_2} dependence of the oxidation rate below 520°C is observed over atmospheric P_{O_2} .

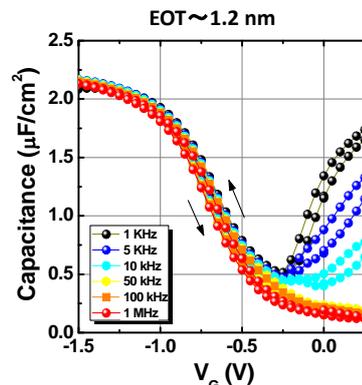


Fig. 2 Bidirectional C-V characteristics of GeO₂/Ge MISCAPs with EOT 1.2 nm, in which GeO₂ was thermally grown under 70 atm P_{O_2} at 500°C for 5 min. It indicates that the ultrathin GeO₂/Ge gate stack grown by LT-HPO still guarantees superior GeO₂/Ge interface properties.