

プラズマ後窒化(100)面及び(110)面 SiGe MOS 界面の比較

Comparison of (100) and (110) SiGe MOS interfaces with plasma post-nitridation

東大院工¹, JST-CREST²○韓 在勲^{1,2}, 竹中 充^{1,2}, 高木 信一^{1,2}Univ. of Tokyo¹, JST-CREST²○Jaehoon Han^{1,2}, M. Takenaka^{1,2}, S. Takagi^{1,2}

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

【はじめに】近年、高い正孔移動度を持つ歪シリコンゲルマニウム(SiGe)が高性能 MOSFET のチャネル材料として注目され、一部実用化が始まっている。また、近年 SiGe FinFET のチャネル側面の(110)面による正孔移動度の向上が報告されており[1], 更なる pMOSFET の性能向上が期待されている。しかし、SiGe (110)面の MOS 界面特性の詳細はまだ明らかにされておらず、その MOS 界面特性の理解と改善が求められている。我々はこれまでに、SiGe (100)面に対して、ECR (Electron cyclotron resonance)プラズマ後窒化による MOS 界面特性の改善について報告した[2]。プラズマ後窒化により、EOT (Effective oxide thickness) の増加を抑制しつつ、低い界面準位密度(D_{it})を持つ良好な MOS 界面が得られることを示した。しかし、プラズマ後窒化が SiGe (110)面にどのような影響をもたらすのかについてはまだ明らかでない。(110)面 SiGe MOS デバイスの更なる高性能化のためには、SiGe (110)面の界面特性を理解しつつ、 D_{it} を抑える必要がある。本発表では、プラズマ後窒化が(110)面 SiGe にもたらす影響を調べるとともに、(100)面と(110)面 SiGe の MOS 界面特性を比較したので報告する。

【実験結果】図 1 にプラズマ後窒化による SiGe MOS キャパシタの作製プロセスを示す。(100)面と(110)面の p-Si 上にそれぞれ膜厚 8 nm の SiGe 層をエピタキシャル成長した。Ge 濃度は 0.5 以下で複数の Ge 組成の SiGe 基板を用意した。ALD (Atomic layer deposition)法で基板上に Al_2O_3 を 1 nm 堆積させた後、ECR 法で発生させた RF パワー 650 W の窒素プラズマを 300°C で加熱させた基板に 10 秒間照射した。その後、 Al_2O_3 を追加堆積し、電極形成、熱処理などを経てキャパシタを完成させた。図 2 に $Al_2O_3/(110)$ $Si_{0.70}Ge_{0.30}$ のプラズマ後窒化有り無しの C-V 特性を示す。以前、(100)面で報告したプラズマ後窒化の結果同様[2], プラズマ後窒化により C-V 特性の周波数分散が減少している。これは、プラズマ後窒化によって、 D_{it} を効果的に低減できることを示唆している。更に、図 3 にコンダクタンス法を用いて測定した $Al_2O_3/(110)$ $Si_{0.70}Ge_{0.30}$ の D_{it} エネルギー分布を示す。プラズマ後窒化によって測定された全エネルギー領域で D_{it} の値が減少していることが確認できる。従って、(110)面の SiGe MOS 界面の D_{it} の抑制にも、(100)面と同じように、プラズマ後窒

化が有効であるが分かった。図 4 に面方位の異なる SiGe サンプルの D_{it} と Ge 組成の関係を示す。 D_{it} はミッドギャップから価電子帯方向に 0.3 eV 離れた場合の値を用いている。(110)面の SiGe の場合、(100)面より D_{it} は少し大きいものの、プラズマ後窒化を施すことで Ge 組成によらず D_{it} が減少していることが確認できる。この結果から、プラズマ後窒化は、面方位に関係なく SiGe MOS 界面の改善に効果的であると確認できた。

【謝辞】本研究の一部は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務により実施した。

【参考文献】[1] P. Hashemi, *et al.*, symp. VLSI Tech. Dig., p. 16, 2014. [2] 韓在勲他, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 28a-G2-6

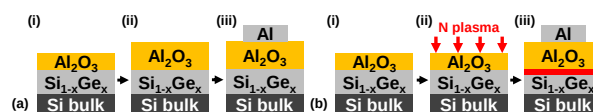


図1. SiGe MOS キャパシタの作製手順.

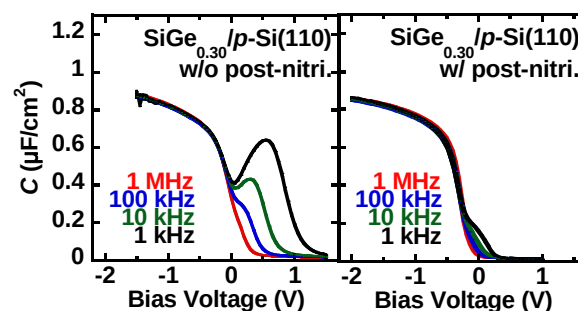


図2. $Al_2O_3/(110)$ $SiGe_{0.30}$ プラズマ後窒化有無の C-V 特性.

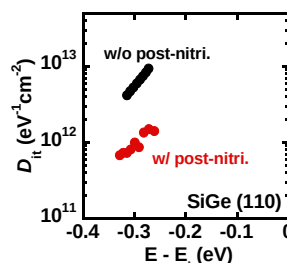


図3. $Al_2O_3/(110)$ $SiGe_{0.30}$ プラズマ後窒化有無での D_{it} エネルギー分布.

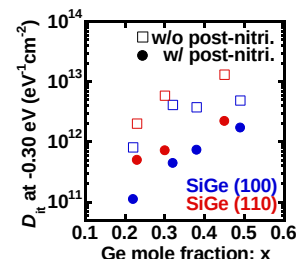


図4. $E - E_i = -0.30$ eV の位置での各サンプル界面の D_{it} 比較