

熱酸化膜/シリコン界面でのプラズマ誘起欠陥の発生と修復

Generation and annihilation of plasma-induced defects at an interface between thermal SiO₂ and Si

産総研¹, 名大², °布村 正太¹, 坂田 功¹, 堤 隆嘉², 堀 勝²

AIST¹, Nagoya Univ.², °S. Nunomura¹, I. Sakata¹, T. Tsutsumi², M. Hori²

E-mail: s.nunomura@aist.go.jp, tsutsumi@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

先端半導体における界面特性と欠陥のマネージメントは、デバイス性能と信頼性の両面から極めて重要である。デバイス内の欠陥は、作製に用いるプラズマプロセスによって形成されることが多いが[1]、異種材料間の界面近傍で生じる欠陥発生メカニズムについては十分に解明されていない。今回、シリコン熱酸化膜 (Thermal SiO₂)膜付 c-Si ウエハにアルゴン(Ar)イオンを照射し、Thermal SiO₂ / c-Si 界面近傍の欠陥の発生と修復について考察を進めたので報告する [2]。

図1にイオン照射実験の概要を示す。二周波容量結合型プラズマ装置に Ar ガスを導入し、上部電極に高周波(100MHz)100W を供給しプラズマを生成した。また、下部電極に低周波(2MHz)を印加しイオンエネルギーを調整した。サンプルは、thermal SiO₂ (5-20nm) / n-type FZ flat c-Si(675μm) / thermal SiO₂ (5-20nm)構造を有し、下部電極上に設置した。シリコン熱酸化膜厚 (thermal SiO₂:5-20nm)を変えたサンプルを準備し分光エリプソメトリーにより膜厚を計測した。イオン照射による欠陥の発生及びアニールによる欠陥の修復を c-Si の少数キャリアのライフタイムにより評価した。ライフタイムの測定には QSSPC 法を用いた[3]。

図2に thermal SiO₂ 5nm / c-Si のイオン照射前、照射後及びアニール後のライフタイム(τ)の変化を示す。ライフタイムはイオン照射前の初期値(τ_{ini})で規格化した。図より、Ar イオン照射に伴い、ライフタイムが低下し、SiO₂ / c-Si 構造の界面近傍で欠陥が発生することが確認できる。また、SiO₂ 20nm の厚膜試料においても同様のライフタイム低下が観察されたことから、フォトンにより界面欠陥が発生していることが示唆された。一方、イオン照射後のサンプルをアニールすることで、ライフタイムが回復することが確認できた。しかしながら、SiO₂ 5nm 試料においては Vdc-200V 以下の高エネルギーのイオン照射では、アニール後もライフタイムは回復しなかったため、イオン衝撃による残留欠陥が形成されることがわかった。講演では、Ar イオン照射に伴う界面欠陥の発生との関連を詳細に考察する。

謝辞：本研究は科研費（18K03603）の助成を受け実施された。イオン照射実験は、名古屋大学低温プラズマ科学研究センターにおける共同利用・共同研究として実施された。

[1] 布村正太, 応用物理 90, 91 (2021).

[2] S. Nunomura et al., to be submitted.

[3] <https://www.sintoninstruments.com/products/wct-120/>

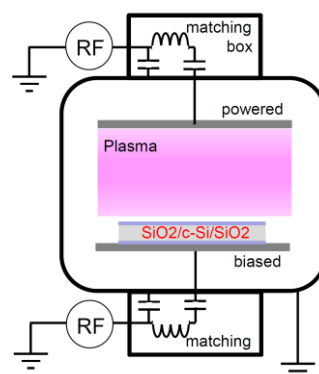


図1 実験装置の概要。サンプルを下部電極に設置しイオンを照射。

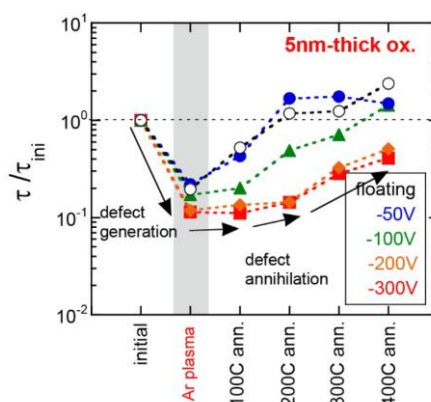


図2 イオン照射前、照射後、アニール後の c-Si 基板のライフタイムの変化。ライフタイムの低下は欠陥の発生を意味する[2]。