

## プラズマ誘起欠陥の発生と修復～アニールにおける雰囲気ガスの効果～ Generation and recovery of plasma-induced defects ~ annealing gas effects ~

産総研<sup>1</sup>, 名大<sup>2</sup> ○布村 正太<sup>1</sup>, 堤 隆嘉<sup>2</sup>, 堀 勝<sup>2</sup>

AIST<sup>1</sup>, Nagoya Univ.<sup>2</sup>, °S. Nunomura, T. Tsutsumi, M. Horii

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

先端半導体デバイスでは、酸化膜/シリコン (SiO<sub>2</sub>/Si) 界面における欠陥 (例えば、格子欠陥、ダングリングボンドや不純物等) が、デバイス性能や信頼性の低下に深く関与する [1]。そのため、界面における欠陥の発生と修復を理解しこれらの欠陥を抑止することが必要である。界面欠陥は、通常、デバイス作製時の成膜、エッチング、アニール等のプロセスにより、意図せず導入されるが、その詳細は理解されていない。今回、Ar, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> プラズマを熱酸化膜付きシリコンウエハに照射し、その後、異なるガス雰囲気 (Ar, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>) でアニール (100-400°C) を施し、SiO<sub>2</sub>/Si 界面の欠陥の発生と修復を調査したので報告する。

図1に実験装置の概要を示す。二周波容量結合型プラズマ装置を用いてプラズマ照射実験を行った。装置内にガス (Ar, O<sub>2</sub>, or H<sub>2</sub>) を導入し、上部電極に高周波(100MHz)100W を供給し、下部電極に低周波(2MHz)を印加することで、イオンエネルギーを制御したプラズマを生成した。下部電極上に、構造 (thermal SiO<sub>2</sub> / n-type FZ Si(525μm) / thermal SiO<sub>2</sub>) を有するサンプルを設置した。酸化膜 (thermal SiO<sub>2</sub>) の膜厚 (5 or 10nm) 及びイオンエネルギー (50 or 300eV) を変え照射実験を行った。その後、サンプルにアニール処理 (100-400°C, 30min, Ar, N<sub>2</sub>, or H<sub>2</sub>@23Torr) を施した。SiO<sub>2</sub>/Si 界面の欠陥は、基板 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。

図2に、酸化膜厚 5nm のサンプルにおける O<sub>2</sub> プラズマ照射及び異なるガス雰囲気でのアニールに伴うライフタイムの変化を示す[2]。プラズマ照射に伴い、ライフタイムは低下し、界面欠陥が発生することが確認できる。一方、アニールでは、ライフタイムが回復することから、プラズマ照射によって形成された界面欠陥が修復されることがわかる。この欠陥の修復は、アニール温度が高く、かつ、水素ガス雰囲気中で、より高い効果が得られることが示される。この結果は、水素が欠陥の終端 (不活性化) に重要な役割を担うことを意味する。この水素終端の効果は、高イオンエネルギー照射の場合で更に重要であることも図より確認できる。講演では、実験結果の詳細を説明し、アニール時における水素の役割とそのメカニズムを考察する。

謝辞：本研究の成果は科研費 (23K03374) の助成を受け得られた。プラズマ照射実験は、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] S. Nunomura, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **56**, 363002 (2023).

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

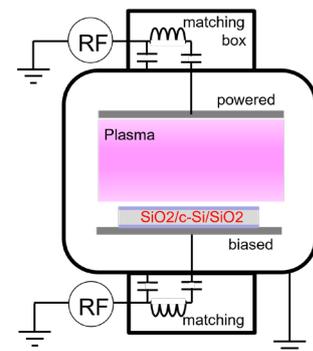


図1 プラズマ照射実験装置。イオンエネルギーを制御してサンプルに照射。

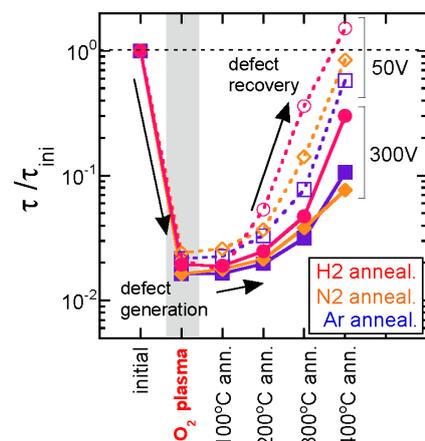


図2 キャリアのライフタイム測定の結果。ライフタイムはプラズマ照射に伴い減少し、アニールにより回復する。回復は、アニール温度及び雰囲気ガスに依存[2]。