

Si 結晶内酸素が RPD 誘起欠陥に与える影響

Effect of oxygen in Si crystals on RPD-induced defects

豊田工大¹, ^{○(D)}原 知彦¹, 大浦 伊織¹, 大下 祥雄¹,Toyota Technol. Inst.¹, ^{°(DC)}Tomohiko Hara¹, Iori Oura¹, Yoshio Ohshita¹

E-mail: sd20501@toyota-ti.ac.jp

【はじめに】キャリア選択型コンタクト(CSC)太陽電池の製造過程において、透明導電膜(TCO)堆積に使用する反応性プラズマ蒸着法(RPD)によって SiO₂/Si 構造に 10¹² cm⁻² eV⁻¹ 程度の欠陥が導入され、少数キャリア寿命が低下する[1]。これら RPD 誘起欠陥に対し、我々は DLTS 測定から Si ミッドギャップにエネルギー準位を持つ欠陥が導入され、これらの一部が再結合中心であることを示し、さらに RPD 誘起欠陥は、パッシベーション層と Si 界面だけでなく、結晶内部にも導入されることを報告してきた[2]。今回、我々はチョクラルスキー (Cz) 法と、フローティングゾーン (Fz) 法の 2 手法で作製された Si 結晶(それぞれ Cz-Si, Fz-Si)を使用し、それらに導入された RPD 誘起欠陥について DLTS 法を使用して評価した。同条件で TCO 堆積を行った所、より酸素濃度の濃い Cz-Si の方が Fz-Si よりも導入された欠陥量が多かった。この結果は、RPD 誘起欠陥の欠陥構造に酸素が関与していることを示唆している。さらに、本研究では、Si 結晶内での酸素原子の挙動に注目し、Si 結晶の熱処理による RPD ダメージ量の変化を調べた。その結果、熱処理時間の長さに比例して RPD プロセス後の Cz-Si 結晶のキャリア寿命が低下した。本講演では、これらのデータを元に、Si 結晶内の酸素濃度、及び熱処理条件が与える RPD 誘起欠陥生成への影響について発表する。

【実験】Cz n 型 Si(100)基板及び Fz n 型 Si を使用し、SiO₂/Si/SiO₂ 構造試料を作製し、プロセスにダメージを導入した後、Si 結晶内部での少数キャリア寿命を測定した。熱酸化により SiO₂ 層(約 12 nm)を形成し、一部試料を 900℃でそれぞれ 30 分間、60 分間熱処理した。RPD プロセスにより酸化膜上にインジウム添加スズ酸化物(ITO)を堆積させた。その後、フッ酸を用いて ITO 層、SiO₂層を除去し、キンヒドロロンによるケミカルパッシベーションを施した。寿命測定には QSSPC 法を用いた。また DLTS 法を使用し、Si 結晶に導入された欠陥の電気的特性を評価した。DLTS 測定のため、キャリア寿命測定試料と同様の作製条件で熱酸化、RPD プロセスを行い、熱蒸着により Al 電極形成することで Al/SiO₂/Si/Al 構造の MOS 型試料を別途作製した。

【結果】図は測定された Cz-Si 結晶内部での少数キャリア寿命である。RPD プロセスを経ていない試料において、熱処理を施したことによるキャリア寿命の変化はほとんど無かった。一方で、熱処理後に RPD プロセスを経たサンプルでは、熱処理時間が長い試料ほど、キャリア寿命が大きく低下した。これは熱処理により Si 結晶内で酸素析出などによる結晶質変化によって RPD 誘起欠陥の生成量が変わったことを示唆している。

【謝辞】本研究の一部はスマートエネルギー研究センターを通じた文部科学省の支援により 行われた。また、試料作製に関して豊田工大、森村 元勇氏、大杉 真由子氏に感謝致します。

[1] T. Kamioka, et.al, AIP Advances, 9, 105219(2019).

[2] 原ら 第 68 回応用物理学会春季学術講演会,(2021) 18a-Z29-1

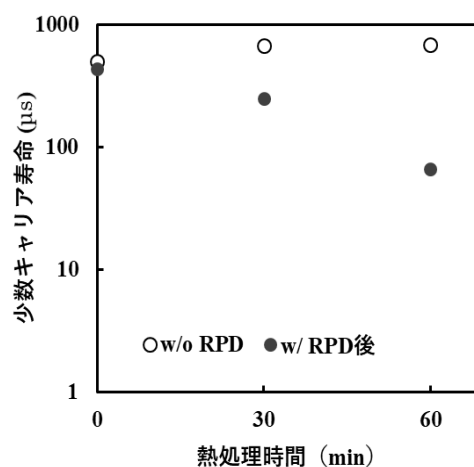


図: 熱処理による Si 結晶のキャリア寿命変化