

RPD ダメージ解析 : ITO/SiO₂/Si 構造デバイスにおけるライフタイムおよび界面特性の相関の検討

Effect of reactive-plasma deposition (RPD) process on the relationship between effective minority carrier lifetime and interface characteristics in ITO/SiO₂/Si structures

豊田工大¹ °(M1)磯貝 勇樹¹, (PC)神岡 武文¹, Lee Hyunju¹, 小島信晃¹, 大下 祥雄¹

Toyota Technol. Inst.¹, °Yuki Isogai¹, Takefumi Kamioka¹, Lee Hyunju¹, Nobuaki Kojima¹, Yoshio Ohshita¹,

E-mail: sd17407@toyota-ti.ac.jp

【はじめに】 ITO 膜は、キャリア選択コンタクト型のヘテロ接合セルのキャップ層としてよく用いられる。この ITO の成膜法の一つに反応性プラズマ蒸着法 (Reactive Plasma Deposition ; RPD) がある。本手法は試料に与えるダメージがスパッタなどの従来法と比較して少ないと言われているが、RPD ダメージを電気的特性の観点から評価した報告はほとんどない。ダメージはライフタイムの変化として考えることが多い。拡張 SRH モデルを考えると、ライフタイムは Si 表面 (界面) の欠陥準位密度 (D_{it}) だけでなく、表面ポテンシャルの影響を強く受ける。そのため、膜中固定電荷や界面仕事関数などの界面特性も併せて議論していく必要がある。これに関して我々は、ITO/SiO₂/Si 構造サンプルにおいて、成膜後熱処理によるライフタイム (実効的な再結合中心濃度)、SiO₂/Si 界面の D_{it} 、および、電極材料の界面仕事関数の変化を評価し、それらの相関を調べてきたが[1,2]、定性的な議論にとどまっている。本研究では、これらの相関を定量的に検討する。同一プロセスで作製された ITO/SiO₂/Si 構造サンプル群を対象に、ライフタイム、 D_{it} 、および、ITO の ITO/SiO₂ 界面における仕事関数の解析を行う。

【実験】 ライフタイム測定用の ITO/SiO₂/Si 対称構造サンプルを以下のように作製した。Cz、p 型 Si (100)基板両面に熱 SiO₂ 膜を形成させた (10 nm 厚)。その後、RPD 法により ITO 膜を堆積させた (80 nm)。C-V 解析に用いる ITO/SiO₂/Si/Al MOS 構造サンプルは、表側表面はライフタイムサンプルと同じ成膜工程処理を行い、裏側表面には熱蒸着 Al を堆積し、Ohmic コンタクトを形成した。両デバイスを N₂ 雰囲気内で熱処理し (120、160、200 °C)、QSSPC 法で実効ライフタイムを、C-V 解析により D_{it} や界面仕事関数をそれぞれ求めた。

【結果・考察】 実効ライフタイム (τ_{eff}) の熱処理温度依存性を Fig. 1 に示す。ITO 堆積直後では τ_{eff} は数 μ s であり、熱処理温度とともに増加傾向を示し、200 °C で約 $4 \times 10^2 \mu$ s となった。C-V 解析により抽出した D_{it} の熱処理温度依存性を Fig. 2 に示す。ITO 堆積直後では D_{it} は約 $5.9 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ であり、熱処理温度増加にともない減少傾向を示し、200 °C で約 $9.3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ となった。これらの結果を比較すると、 τ_{eff} の増加は、 D_{it} の減少が支配的な要因であることがわかる。ただし、ライフタイムが 2 桁増加しているのに対して、 D_{it} は 1 桁しか変化していないため、ライフタイムの増加の原因をすべて欠陥密度低減で説明することはできない。仕事関数変化などの表面ポテンシャルの影響を考える必要があり、現在解析を進めている。

[1]T. Kamioka, AIP Advances 7, 095212 (2017)

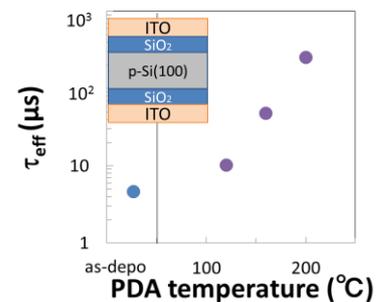


Fig.1 Effective lifetime of the ITO/SiO₂/Si structure device.

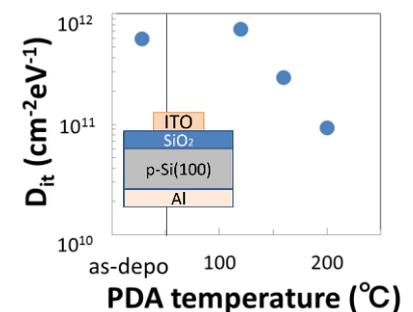


Fig.2 SiO₂/Si Interface defect density.