

High-k/SiO₂ 界面に生じる電気双極子がシリコン表面に与える影響のレーザーTHz 放射顕微鏡による直接観察

～半導体デバイス特性の新しい評価手法の紹介～

工学研究科 電気物性工学専攻

◎M1 さいきいくや 佐伯郁弥、准教授 ほったやすし 堀田育志

キーワード

High-k, シリコン, 界面, 双極子, 人工超格子, アモルファス薄膜, レーザーテラヘルツ放射顕微鏡

研究概要

近年、絶縁体薄膜中の固定電荷を利用して半導体表面の改質を行う手法が注目されている。この手法を応用することによって太陽電池の高効率化やエレクトレット発電デバイスの高出力化が期待されている。一方、高誘電体 (High-k) 材料と酸化シリコン (SiO₂) を接合した絶縁体膜において、その High-k/SiO₂ 界面に電氣的な分極 (界面双極子) が生じることが報告されており、この分極電荷を半導体表面改質に利用することが検討されている。この界面双極子は、High-k 材料 SiO₂ の間の酸素面密度差によって生じる酸素イオンの移動によって説明されるが、High-k 材料の種類によってモーメントの大きさと方向が一義的に決まってしまうため、その特性を制御することができないという問題があった。我々は、これまでに人工格子の技術を応用して2種類の High-k 膜と SiO₂ を組み合わせて三色超構造(Tricolor superstructure: TCS)を作製することでこの双極子特性を制御することに成功している。双極子の特性評価として、容量-電圧(C-V)測定に加え、レーザーテラヘルツ放射顕微鏡(LTEM)による測定を行った。LTEM 測定の結果から、TCS を堆積した p-Si 基板表面のバンドベンディングが明らかに変化していることがわかった。また、得られた結果は C-V 測定の結果とも良い一致を示しており、LTEM による評価が TCS の効果を評価する上で有効であることが示された。

アピールポイント

本研究の結果から、絶縁膜中の固定電荷が半導体に及ぼす影響を評価する手法として、LTEM 測定が有効であることが示された。LTEM 測定では、シリコン基板表面のバンドの曲りにより生じる電流の大きさと方向の変化をテラヘルツ(THz)波放射の強度および位相の変化として観測できるため、界面双極子がシリコン基板表面のポテンシャルに与える影響を界面準位の充放電などの仮定をおくことなく直接評価できる。また、試料は非破壊・非接触で測定できるため、太陽電池セルなどのデバイス構造を直接評価可能な手法であると考えられる。