

数 nm-CMOS 素子用二次元 Si 層の検討 (IV) : 光学特性の変調効果

Experimental Study on 2D-Si Layers for Future Several-nm CMOS (IV)

神奈川大理, 東京農工大工* °鈴木佑弥, 中原雄太, 永田祐介, 青木孝, 鮫島俊之*, 水野智久

Kanagawa Univ., Tokyo Univ. Agri. Tech.* °Y.Suzuki, Y.Nakahara, Y.Nagata, T.Aoki, T.Sameshima*, T.Mizuno

1. 序論

超微細 CMOS の実現には, ETSOI 及び FinFET 構造が有望視されている. これらの MOSFET における短チャネル効果を抑制し微細化するには, 二次元 (2D) -Si 層膜厚 T_S を薄膜化する必要がある. 特に, ETSOI 素子では, 従来より T_S を $L/3$ で薄膜化する素子設計が行われ (L はチャネル長) [1], その結果, 将来には T_S は Si の格子定数 a (0.357nm) に近づくことが予想される. この極限の膜厚を有する 2D-Si 層において, 我々はバンド変調効果やフォノン量子的閉じ込め効果 [3] などによる物性変調を実証してきた [3]. しかし, 埋め込み酸化膜 (BOX) 下の Si からの光学強度により, 詳細な 2D-Si における閉じ込め効果の観測は不可能であった.

今回, 我々は, BOX 下に Si 基板の無い SOQ (Silicon On Quartz) 基板により 2D-Si 層を形成し, 光学特性の変調効果を実証したので報告する.

2. 結果及び討論

2D-Si 層は, $T_S=56\text{nm}$ の (100)SOQ 基板を, 酸化法により薄膜化することによって実現した.

図 1 は, SOQ 基板の反射率膜厚依存性を表した結果である. T_S が $56\text{nm} \sim 1.9\text{nm}$ の場合, 3D-Si 固有のダブルピークがあることがわかる. しかし, 約 1nm 以下になると, ピークが 1 つになる. これにより, 2D-Si においてはバンド構造が変調していることがわかる.

SOQ 基板は支持基板が水晶で構成されている. よって, 薄膜 Si 層の透過率 T を直接測定することができる. さらに反射率 R 及び透過率 T から以下の式により吸収係数 α を求めることができる [4].

$$\alpha = \ln((1-R)/T) / T_S$$

図 2 は, SOQ の吸収係数スペクトルである. $T_S=56\text{nm}$ の吸収係数は Bulk -Si に等しい [4]. したがって, 吸収係数を求める本評価法の妥当性が確認できた. T_S が減少すると, α が増加するのがわかる. 2eV 光子エネルギーでは, 4.8nm と 0.5nm を比較してみると, α が 1 桁

以上違うことがわかる. α の急激な増加は, 2D-Si のバンド構造が間接遷移から直接遷移型に変調していることを示唆している.

以上の反射率及び吸収係数の 2D-Si における変化により, バンド構造の変調効果が明確になった.

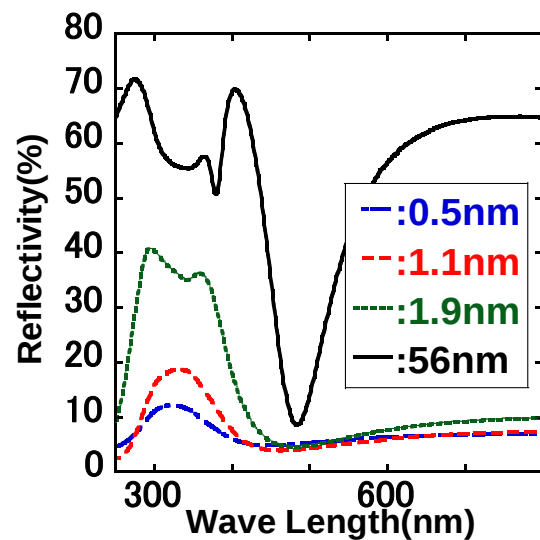


図 1. 紫外/可視光領域の反射率膜厚依存性

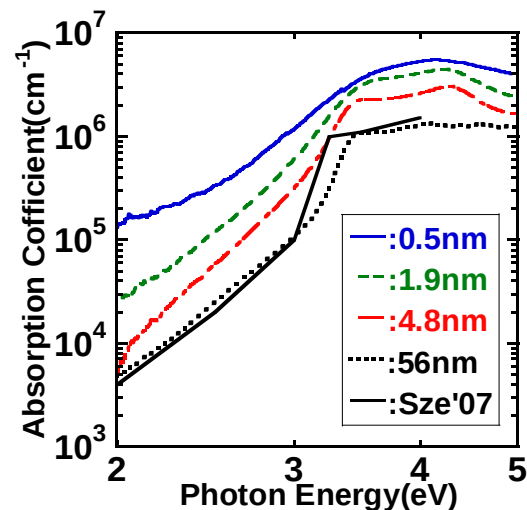


図 2. Si 層における吸収係数の膜厚依存性.

文献: [1] M. Yoshimi, IEICE Trans. Electron. E74-C (1991) 337. [2] V. Kumar, Nanosilicon, Elsevier, 2008. [3] T. Mizuno, JJAP52 (2013) 04CC13. [4] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices (Wiley), 2007.