

数 nm-CMOS 素子用 2DSi 層の検討 (IX)

: 量子閉じ込め効果の結晶方位依存性へのドーパントの影響

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

神奈川大理, 東京農工大工* [○]長嶺由騎, 鈴木佑弥, 青木孝, 鮫島俊之*, 水野智久Kanagawa Univ., Tokyo Univ. Agri. Tech.* [○]Y. Nagamine, Y. Suzuki, T. Aoki, T. Sameshima*, and T. Mizuno

1. 序

超微細 CMOS の実現には, ETOI 及び FinFET 構造が有望視されている[1]. これらの MOSFET の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, ETOI 素子では従来より T_S を $L/3$ で薄膜化する素子設計を行われ(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 $a(0.357\text{nm})$ 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, 我々はフォノン量子的閉じ込め効果[2]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 の下に Si 基板のない (100)SOQ(Silicon-on-quartz)基板にリンイオン注入を行うことにより, n^+ 2D-Si を作成し, その量子閉じ込め効果の結晶方位依存性へのドーパントの影響について検討したので報告する.

2. 結果及び討論

n^+ 2D-Si 層は(100)SOQ へのリンイオン注入後, 酸化法による SOQ の薄膜化を行うことにより実現した. T_S 値は酸化時間により制御した. 今回, 0.5nm の n^+ 2D-Si の作成に成功し, その濃度はシミュレーションにより $2 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$ と見積もられる. 2D-Si 層の Raman スペクトルは, レーザーの波長が 442 nm を用いて室温で測定した. また, PL スペクトルは, 2.33eV 励起レーザを用いて室温で測定した. レーザービーム径は 1 μm である.

図 1 は $T_S=0.5\text{nm}$ の真性 2D-Si と n^+ 2D-Si の PL 強度の偏光度の PL 偏光角度 θ (挿入図のレーザー偏光 $\vec{E}_L = [110]$ と PL 偏光 $\vec{E}_{PL}$ となす角) 依存性である. PL 偏光度は, ドーパントの影響により低くなることがわかった.

次に, 2D-Si の Raman 選択則へのドーパントの影響について議論する. 図 2 は, フォノン閉じ込め効果領域の Raman シフト 480cm^{-1} での Raman 強度の θ (レーザー偏光 $\vec{E}_L = [110]$ と Raman 偏光 $\vec{E}_R$ となす角) 依存性の実測及び理論値($\propto \cos^2 \theta$) [4]の比較である. フォノン閉じ込め効果が顕著な 480cm^{-1} では, 真性 2D-Si も

n^+ 2D-Si も Raman 選択則から少しズレているが, ドーパントの影響がないことが判明した.

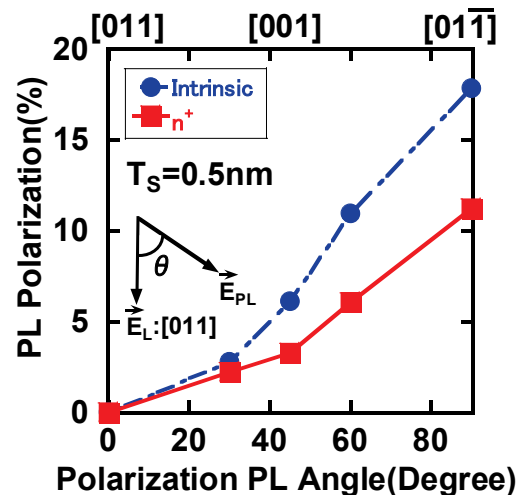


図 1 PL 偏光度の θ 依存性. ■及び●は, それぞれ n^+ 及び真性 2D-Si の実験結果. 挿入図は, PL 偏光測定図.

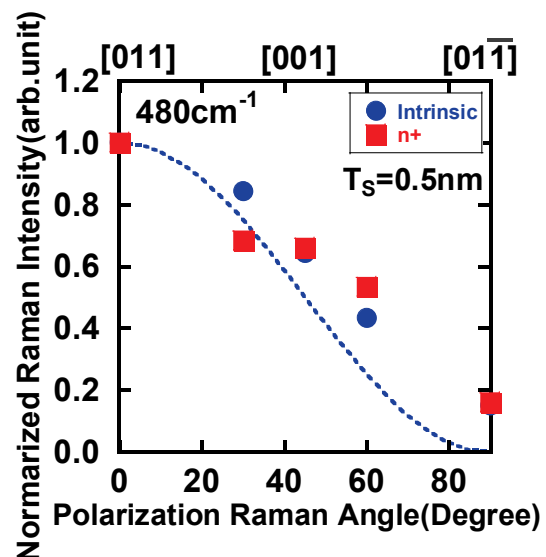


図 2 480cm^{-1} における Raman 強度の偏光角度依存性. ■及び●は, それぞれ n^+ 及び真性 2D-Si の実験結果, 破線は理論値.

文献: [1] A. Nazarov, *SOI Materials for Nanoelectron Application*, Springer, 2011. [2] V. Kumar, *Nanosilicon*, Elsevier, 2008. [3] T. Mizuno, *JAP* **53**, 04EC08, 2014. [4] K. Mizoguchi, *JAP* **65**, 2585, 1989.