

## Si 基板上 inverted-rib 構造 Ge 選択成長層における貫通転位密度低減

## Threading Dislocation Density Reduction in Selectively Grown Inverted-rib Ge on Si

東大院工<sup>1</sup>, 豊橋技科大<sup>2</sup>, マサチューセッツ工大<sup>3</sup>○(DC)八子 基樹<sup>1</sup>, 石川 靖彦<sup>2</sup>, 和田 一実<sup>1,3</sup>Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, Toyohashi Univ. of Tech.<sup>2</sup>, Massachusetts Inst. of Tech.<sup>3</sup>○(DC)Motoki Yako<sup>1</sup>, Yasuhiko Ishikawa<sup>2</sup>, Kazumi Wada<sup>1,3</sup>

E-mail: ishikawa@ee.tut.ac.jp

1. はじめに Ge はシリコンフォトニクスにおける受光/発光デバイス材料として有力視されているが、Si と Ge の格子定数差に起因する高い貫通転位密度(TDD)が問題となっている。厚い緩衝層や高温熱処理を用いた TDD 低減方法が提案されているが、Ge の長所である Si-CMOS プロセス適合性と矛盾することとなり好ましくない。本研究では第 63 回応用物理学会にて提案した鏡像力による TDD 低減[1]を発展させた TDD 低減モデルを提案し、理論計算及び実証実験を示す。

2. TDD 低減モデル 半導体中の転位は鏡像力により自由表面に垂直になろうとし[2]、選択成長 Ge は成長温度によりその形状を制御することができる[3]。これらに基づき、球形の断面を持つ選択成長 Ge(比較的高温で成長することで得られる[3])中における転位の軌跡を計算した(Fig. 1(a))。転位(赤線)は成長の進行にしたがって曲がり、ある位置  $x_\pi$  にて基板に対して平行になる。ある転位が  $x_\pi$  を越えた(基板側を向いた)状態で隣接する選択成長 Ge と合体すると、その転位は基板側へ抜け TDD の低減につながると考えられる。合体してできた Ge 平坦膜はリブ導波路断面などに見られる「リブ構造」を上下反転した構造となる(inverted-rib Ge)。

3. 実験方法 Si(001)基板上 30 nm 厚熱酸化 SiO<sub>2</sub> を[110]方向のストライプ状にパターンニングし選択成長マスクとした。成長幅( $W_{\text{window}}$ )は 0.5  $\mu\text{m}$ 、マスク幅( $W_{\text{mask}}$ )は 0.3  $\mu\text{m}$ とした。Ge は 700°C で超高真空化学気相成長法により成長し、TDD はエッチピット法により測定した。

4. 実験結果  $W_{\text{mask}}$  が十分大きく、合体に至っていない選択成長 Ge の断面 SEM 像を Fig. 1(b)に示す。選択成長 Ge は球形の断面となり、計算での仮定通りの形状となっている。 $W_{\text{mask}}$  が十分小さい( $<1 \mu\text{m}$ )とき、選択成長 Ge は合体し平坦な inverted-rib Ge を形成した。合体した inverted-rib Ge の断面 SEM 像を Fig. 2(a)に示す。SiO<sub>2</sub> マスク上に空隙を残したまま合体し、上下反転したリブ構造を形成している。得られた inverted-rib Ge の TDD(対応する温度・膜厚の  $\rho_{\text{blanket}}$  で規格化)を、

開口部の面積比を横軸にプロットしたものが Fig. 2(b)である。2.の仮定に基づいて計算された TDD が黒の実線で、赤い四角が実験的に得られた TDD である。実験的に得られた TDD は計算結果とよく合致し、開口比の減少(黒点線)以上に低減していることがわかる。

5. まとめ Si 基板上 Ge において選択成長と鏡像力に基づき TDD 低減モデルを提案し、実験により TDD 低減を確認した。実験的に得られた TDD 低減は TDD 低減モデルに基づいて計算された結果とよく一致した。

謝辞 本研究は JSPS 科研費(170300000959)及び文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム(12024046)の支援を受けている。

参考文献 [1] M. Yako, et al., 応物春 16a-F204-4 (2017). [2] D. M. Martin, et al., Acta Metall., 17, 929 (1969). [3] M. Kim, et al., ECS Trans., 16, 10, 837 (2008).

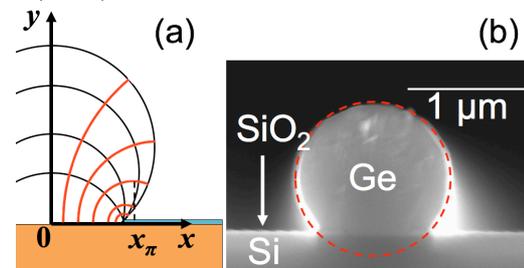


Figure 1 (a) Calculated traces of threading dislocations in selectively grown Ge, and (b) a cross-sectional SEM image of selectively grown Ge before coalescence.

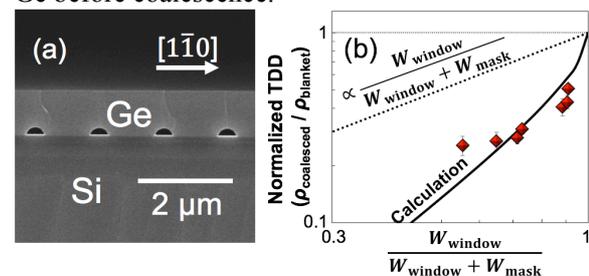


Figure 2 (a) A cross-sectional SEM image of coalesced inverted-rib Ge and (b) correlation between TDD and aperture ratio.