

Ge メサパターン上の歪み SiGe 膜への クラック発生におけるエッチング深さの影響 Effects of etching depth on crack generation in strained SiGe films on mesa-patterned Ge

○我妻 勇哉¹、Md. Mahfuz Alam^{1,2}、岡田 和也¹、金澤侖奈¹、
山田 道洋³、浜屋 宏平³、澤野 憲太郎¹

¹東京都市大学 総合研究所、²Univ. of Barishal、³阪大基礎工 CSRN

○Y. Wagatsuma¹, Md. M. Alam^{1,2}, K. Okada¹, R. Kanesawa¹, M. Yamada³, K. Hamaya³, K. Sawano¹

¹Adv. Res. Lab., Tokyo City Univ., ²Univ. of Barishal, ³CSRN, Osaka Univ.

E-mail: g2191206@tcu.ac.jp

1. はじめに 近年 Ge(111)は、電子の移動度が高いことや、高品質強磁性体のエピタキシャル成長が可能であり、スピントロニクスに応用できることから注目を集めている[1]。さらに Ge 上に歪み $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (111) チャネルを形成することで歪み効果による特性向上が期待される。これまでに我々は、歪み $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 層の歪み緩和初期段階において、転位のすべり面にクラックが発生し、それにより凸状の表面ラフネスが生じること[2]、さらにそのクラック形成が Ge 膜のパターニングにより抑制可能であることを報告した[3]。今回、そのパターニングのメサ・エッチング深さを変化させることで、クラック発生に劇的な変化が生じることが分かり、クラックの発生と伝搬メカニズム解明につながる結果が得られたので報告する。

2. 実験方法、結果と考察

2 段階成長法を用いて Ge-on-Si(111)を作製し[2]、その基板に H_2O_2 エッチングによってメサ・パターニングを施した。その際、エッチング深さを変化させ、メサ外側に Ge 膜を残す試料と、Si 基板まで Ge を完全にエッチングする試料を用意した。パターン形成後、歪み $\text{Si}_{0.2}\text{Ge}_{0.8}$ 層 (250 nm, $T_g=350^\circ\text{C}$) を成長させた。比較用に、パターニングを施していない Ge-on-Si(111)上にも成長した。

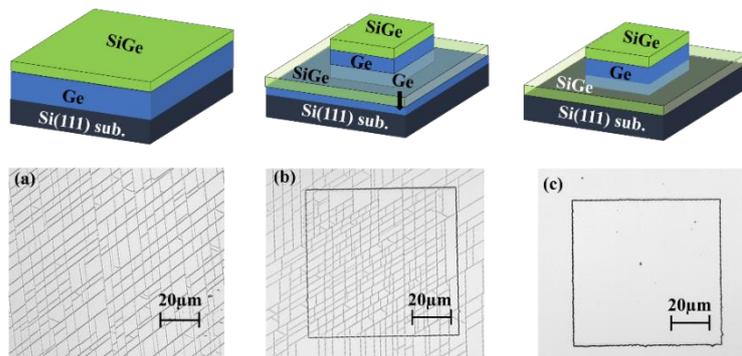


Fig. 1 Laser microscope surface images of the SiGe layers on (a) un-patterned and (b) (c) patterned Ge-on-Si(111) substrates where Ge layers were (b) partially and (c) fully etched down.

Fig. 1 のレーザー顕微鏡像より、エッチングで Ge 膜を残した場合、パターニング無しと同様に SiGe 膜内全面にクラックが生じ、メサ内外で繋がるクラックも多数見られる。一方、Ge を完全にエッチングした試料では、クラックの発生が完全に抑制されている。つまり、この範囲のメサ上にはクラック発生源はなく、メサ外部に Ge が残っている場合のみ、そこで発生したクラックがメサ内部まで伝搬していることを示唆している。メサ外部の Ge を完全にエッチングすると、Si 上の SiGe は容易に歪み緩和するため、クラックが発生せず、その結果メサ内部へのクラック伝搬も起こらない。つまり欠陥の無い歪み SiGe 形成には、Ge-on-Si の Ge 完全エッチングによるパターニングが非常に有効であることが示された。本研究の一部は科学研究費補助金 (19H02175, 19H05616, 20K21009) の支援を受けて行われた。 [1] K. Hamaya et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51, 393001 (2018). [2] M. Alam et al., *APEX* 12, 081005 (2019). [3] Y. Wagatsuma et al., *APEX* 14, 025502 (2021).