

伸張歪み Si/緩和 SiGe/Si(110)の表面モフォロジーへの 成長速度の影響

Influence of growth rate on surface morphologies
of tensile-strained Si/relaxed SiGe/Si(110) heterostructures

山梨大クリスタル研¹, 名古屋大², 東京都市大総研³

宇津山直人¹, 佐藤圭¹, 有元圭介¹, 山中淳二¹, 中川清和¹, 宇佐美徳隆², 澤野憲太郎³

CCST Univ. of Yamanashi¹, Nagoya Univ.², ARL Tokyo City Univ.³

°N. Utsuyama¹, K. Sato¹, K. Arimoto¹, J. Yamanaka¹, K. Nakagawa¹, N. Usami², K. Sawano³

E-mail: g14me003@yamanashi.ac.jp

CMOS デバイスの高性能化・低消費電力化を実現するには、正孔移動度を向上させることが有効である。(110)面素子は高正孔移動度を示すことから注目を集めている。これまでの研究で、構造内の結晶欠陥の形態を成長条件により制御することが可能であることを示した。特に、成長時の基板温度と結晶性との関係を明らかにし、高い正孔移動度を実現してきた。本研究では、成長速度が表面モフォロジーや結晶性に及ぼす影響について調べた。

結晶成長は固体ソース MBE 法を用いて行った。n-Si(110)基板上に傾斜組成バッファ層(Ge 組成: 0 ~ 30%)および均一組成 SiGe 層各 200 nm を堆積させた後、Si 層を 20 nm 堆積した。成長温度は 600°C とした。この条件では、SiGe 層の格子歪みは microtwin の形成により緩和され、移動度への悪影響を抑制しながら最表面 Si 層に歪みを印加できるため、高正孔移動度が実現されている。本研究では、結晶成長時の Si のフラックス・レートを変化させ、表面モフォロジーや SiGe 層の結晶性・歪み緩和率への影響を調べた。

原子間力顕微鏡(AFM)により取得した試料表面形状像を Fig. 1 に示す。(110)面では SiGe 層が緩和する際に(111)面と(11 $\bar{1}$)面を境界面とする microtwin が発生する。 $[\bar{1}10]$ 方向に伸びる筋状の形状は、この microtwin の形成に関連するものであり、microtwin は SiGe 層の[001]方向の歪み緩和に寄与する。どちらの試料においても microtwin 形成に起因する凹凸がはっきりと確認できる。しかし、Si の成長速度を 0.1 Å/s として形成した試料 (b) では、microtwin の凹凸に加えて $[\bar{1}\bar{1}2]$ 及び $[\bar{1}12]$ 方向に細かい線状の構造がみられる。この方向は $(\bar{1}11)$ および $(1\bar{1}1)$ 面と表面との交線であることから、転位との関連が示唆される。これまでの研究では高い正孔移動度は $[\bar{1}10]$ 方向の伝導において得られているが、Fig. 1 (b)の試料では表面ラフネス散乱や内部の結晶欠陥による散乱により移動度が低下すると考えられる。また、X 線回折逆格子マッピング測定を行ったところ、どちらの試料においても SiGe の格子歪みは主に[001]方向に緩和しているが、(b)の試料では $[\bar{1}10]$ 方向の格子歪みもわずかに緩和していた。(110)基板上の Si 薄膜において、移動度の高い最表面 Si 層を正孔に対する井戸層にするためには、[001]方向にのみ伸張性歪みをもつ異方性歪みを実現することが必要である。このため、 $[\bar{1}10]$ 方向の歪み緩和はバンド・アライメントの観点からも好ましくない。以上のように、成長速度は高正孔移動度 MOSFET を形成する上で重要なパラメータであることが分かった。

[謝辞] 本研究の一部は科研費 (25390065,25870280) の助成を受けて実施された。

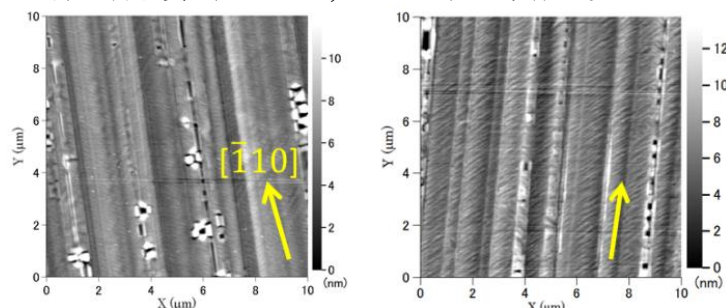


Fig. 1 AFM images of the samples.

(a) Si growth rate = 1 Å/s, (b) Si growth rate = 0.1 Å/s.