伸張歪み Si/緩和 SiGe/Si (110) ヘテロ構造の結晶成長中における表面形状形成過程に関する研究

Surface morphology development during growth of tensile-strained Si/relaxed SiGe/Si(110) heterostructure

山梨大クリスタル研 [1], 山梨大ものづくり教育実践センター[2], 山梨大機器分析センター[3], 名古屋大 [4], 東京都市大総研 [5]
山田崇峰 [1], 宇津山直人 [1], 佐藤圭 [1], 白倉麻衣 [2], 山本千綾 [3], 有元圭介 [1], 山中淳二 [1], 原康祐 [1], 宇佐美徳隆 [4], 澤野憲太郎 [5], 中川清和 [1]
CCST Univ. of Yamanashi[1], CCT Univ. of Yamanashi[2], CIA Univ. of Yamanashi[3], Nagoya Univ. [4], ARL Tokyo City Univ.[5]
°T. Yamada[1], N. Utsuyama[1], K. Sato[1], M. Shirakura[2], K. Arimoto[2], C. Yamamoto[3], J. Yamanaka[1], K. O. Hara[1], N. Usami[4], K. Sawano[5], K. Nakagawa[1]
E-mail: g16tg021@yamanashi.ac.jp

CMOS デバイスの高性能化、低消費電力化を実現するために、正孔移動度を向上させる必要がある。Si(110)基板上に成長させた伸長歪み Si 層をデバイスに使用することで高い正孔移動度を得ることが注目されている。歪み Si 層を成長させるために Si(110)基板上に SiGe 層を成長、緩和させる必要があるが、緩和の際に{111}面を境界面に持つ microtwin が発生する。microtwin の発生で SiGe 層が[001]方向に一軸歪み緩和するが、発生した microtwin が双晶を維持したまま結晶成長されるため、試料の表面ラフネスが悪化する。MOSFET の性能向上を目指すには結晶欠陥の構造を分析し、改善する必要がある。本研究では、電子顕微鏡を使用して結晶欠陥の構造を調査した。

結晶成長は固体ソース MBE を使用して Si(110)基板上に SiGe 層、Si 層を成長させた。基板には n-Si(110) 5° off 基板と n-Si(110) just 基板を用い、表面方位の影響を調べた。n-Si(110) 5° off 基板上へは、成長温度を 575℃とし傾斜組成バッファー層(Ge 組成：0 ~ 30%)および均一組成 SiGe 層(Ge 組成：30%)で各 200 nm を堆積後、Si 層を 20 nm 堆積させた。n-Si(110) just 基板上へは、成長温度を 600℃とし傾斜組成バッファー層(Ge 組成：0 ~ 20%)および均一組成 SiGe 層(Ge 組成：20%)で各 400 nm を堆積後、Si 層を 20 nm 堆積させた。

結晶成長させた n-Si(110) just 基板の表面の SEM 像と、SEM 像の赤枠に対応する位置の断面を TEM で観察した結果を Fig.1 に示す。表面にみられる[$\bar{1}$10]方向に沿った凹凸が SiGe 層内の双晶に由来するものであることが確認できた。(b)に見られる双晶は microtwin が交差した箇所に発達すると考えられる。また、結晶成長させた n-Si(110) 5° off 基板も同様に観察した結果、microtwin の交差と大きな凹凸構造が少ないことが分かった。表面方位を傾けることで(111)面と(11$\bar{1}$)面にかかる応力に差が生じるため、二方向の microtwin の数に差が生じ、交差が減ったためと考えられる。よって、表面方位を傾けることで大きな凹凸の構造による表面モフォロジーへの悪影響を抑えることができた。

[謝辞] 本研究の一部は科研費（15K04661）の助成を受けて実施された。

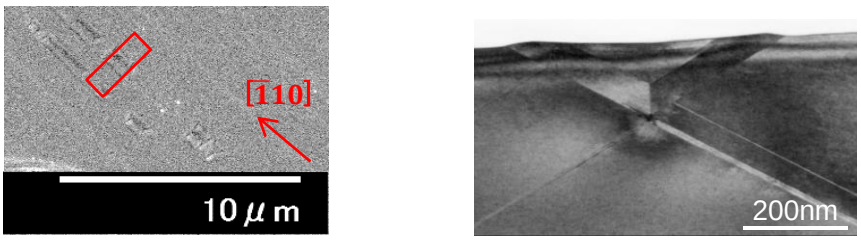

Fig. 1 Surface and cross-sectional observations of the Si/SiGe/Si(110). (a): Surface observation by SEM. Red rectangle shows the position of the TEM observation. (b): X-TEM image.

© 2016年 応用物理学会