18p-PB10-4

伸張歪み Si/緩和 SiGe/Si(110)の微細構造および電気的特性への熱処理の影響

Influence of thermal treatment on structural and electrical characteristics 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]，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 Yamanashi[1], Nagoya Univ. [2], ARL Tokyo City Univ. [3]
°N. Utsuyama[1], K. Arimoto[1], J. Yamanaka[1], K. Nakagawa[1], N. Usami[2], K. Sawano[3]
E-mail: g14me003@yamanashi.ac.jp

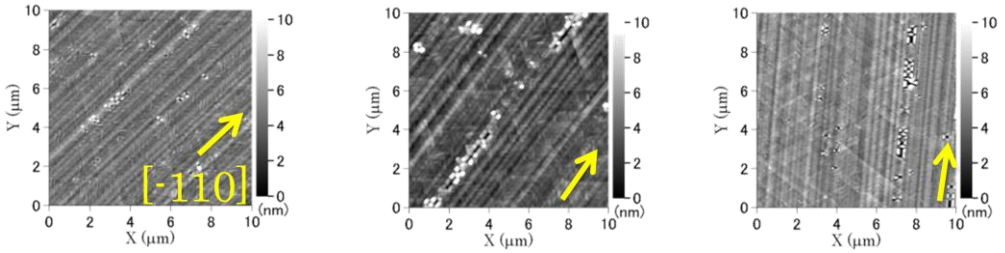
CMOS デバイスの高性能化・低消費電力化を実現するには、正孔移動度を向上させることが有効である。(110)面素子は高正孔移動度を示すことから注目を集めている。これまでの研究で、構造内の欠陥の形態を成長条件により制御することで、高い正孔移動度が実現できることが分かってきた。本研究では、デバイス作製プロセスにおける熱処理が、微細構造や電気伝導特性に及ぼす影響について調べた。

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ー層(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。SiGe 層内のモフォロジーは成長温度に依存しており、成長温度を上げるにつれて、主要な欠陥は growth twin → microtwin → 転位と変化する。本研究では、成長温度を、正孔移動度の点で最適である 525℃～575℃とした。この温度域では、SiGe 層の結晶成長中に microtwin が形成されることにより[001]方向の歪みが緩和され、その結果、正孔移動度が向上する。成長した試料に対し、急速熱処理装置（RTA、800℃、900℃、1 min、Ar 雰囲気）及び電気炉（600℃、700℃、800℃、60 min、N_2 雰囲気）を用いて熱処理を施し、XRD による歪み緩和率の解析、AFM による表面形状観察、および電気伝導特性の評価を行った。

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}$10]方向に伸びる筋状の形状は、この microtwin の形成に関連するものである。この microtwin は SiGe 層の[001]方向の歪み緩和に寄与する。熱処理時間を長くした試料では、microtwin の形成に起因する凹凸に加え、転位の発生を示す[1$\bar{1}$2]及び[$\bar{1}$12]方向に延びる筋状の形状が増加した。X 線回折逆格子マッピング測定をおこなったところ、長時間の熱処理によって[$\bar{1}$10]方向にも SiGe 層の歪み緩和が進むことが分かった。(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、熱処理による転位の発生はキャリア散乱を増大させるだけではなく、バンド・アライメントの観点からも好ましくないと考えられる。

表面観察及び SiGe 構造の変化の結果をもとに、構造的な変化の少ない RTA(800℃、1 min)で熱処理を施した試料に関して pMOSFET を作製し、正孔移動度を測定した。この結果、このような短時間の熱処理では正孔移動度その他の電気伝導特性に大きな変化はないことが分かった。

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



(a) As deposited　　(b) 800℃, 1 min (RTA)　　(c) 800℃, 60 min (furnace)

Fig. 1　AFM images of the samples grown at 525℃.

© 2014 年　応用物理学会