レーザーアニール又は RTA を施した Sn ドープ SiGe 膜の歪評価

Strain Evaluation of Laser or RTA Annealed Sn-doped SiGe Layers

〇小孫 翔大¹、横川 凌^{1, 2}、吉岡 和俊¹、澤本 直美¹、John Borland³、黒井 隆⁴

川崎 洋司 5、小椋 厚志 1

(1.明治大理工、2.学振特別研究員 DC、3.J.O.B. Technologies

4.日新イオン機器株式会社、5.住友重機械イオンテクノロジー株式会社)

OS. Komago¹, R. Yokogawa^{1, 2}, K. Yoshioka¹, N. Sawamoto¹, J. Borland³, T. Kuroi⁴, Y. Kawasaki⁵

and A. Ogura¹ (1. Meiji Univ., 2. JSPS Research Fellow DC, 3. J.O.B. Technologies, 4. Nissin Ion

Equipment, 5. Sumitomo Heavy Industries Ion Technology)

E-mail: ce181026@meiji.ac.jp

背景と目的: Geは Si と比べて高いキャリア移動 度を有するため、次世代チャネル材料として期 待されている。また、ソース・ドレイン領域に C や Si 又は Sn を導入することで、それぞれ引っ 張り又は圧縮歪が印加され、移動度を向上させ ることができる[1]。7 nm ノードになると GepMOS にはチャネル領域に 2%の圧縮歪、一方で Ge-nMOS には 2%の引っ張り歪が必要となる[2]。 2%の引っ張り歪には 53%の Si 又は 5.4%の C、 対して 2%の圧縮歪には 13%の Sn の導入が必要

となる。我々はこれまで、Ge 又は C を SiGe 薄 膜にイオン注入し、レーザーアニール (LA)後に 歪評価を行った[3]。本研究では、歪制御を目的に Si 基板に Ge、Sn イオンを注入後、RTA 又は LA を施し、熱処理プロセスによる歪状態の差異を 評価した。

実験: Si 基板にウェル形成のための P 又は B を 注入後、Ge を 3 keV, 5E16 cm⁻²、Sn を 12 keV, 5E15 cm⁻²でイオン注入を行った。イオン注入後、1.0, 1.8, 2.4 J/cm²のレーザーパワーで LA を施し、一 方で RTA は 950°C で 1 分間熱処理を施した。熱 処理の後、ラマン分光法による歪分析を行った。 ラマン分光測定では分光器の焦点距離を 2,000 mm、励起光源に 355 nm (UV)のレーザーを用い た。更に、断面 TEM (Transmission Electron Microscopy)観察、及び X 線源に Al-K α (1486.6 eV)を用いた X 線光電子分光法(XPS: X-ray photoelectron spectroscopy)で Ar⁺スパッタリング による深さ方向濃度分析を行った。

<u>結果:</u> XPS 測定より LA 試料では Sn が最表面に 偏析分布し、RTA 試料ではより深い範囲に均一 に分布していることを確認した。Fig. 1 に 1.8 J/cm² の LA および 950°C で 1 分間 RTA 試料の 各々のラマンスペクトルを示す。どちらの試料 とも 520 cm⁻¹付近にピークを確認し、Si 基板の Si-Si mode であると考えられる。一方、LA 試料 では 514.5 cm⁻¹に SiGe 膜由来の Si-Si mode が、 また RTA 試料では 505.1 cm⁻¹に SiGeSn 膜由来の Si-Si mode であると考えられるピークが出現し た。 **考察:** IV 族化合物のラマンシフトによる歪定量 は、未だ十分に確立されていないが、仮に LA 試 料については下記(1)式⁴、RTA 試料については (2)式⁵を用いて歪量を算出すると、等方性 2 軸 歪仮定の下、LA 試料では 0.54%の圧縮歪、RTA 試料では 1.80%の圧縮歪が導入されていると見 積もられる。RTA 試料は LA 試料と違い、SiGeSn 膜を形成し Ge 濃度も高いため大きな圧縮歪が 印加されたと考察できる。

$\omega_{\rm Si-Si}^{\rm SiGe} = 520 - 70.5y - 830\varepsilon_{\parallel}^{\rm SiGe}$	(1)
$\omega_{\rm Si-Si}^{\rm SiGeSn} = 520 - 71y - 213z - 984\varepsilon_{\parallel}^{\rm SiGeSn}$	(2)
y,z :Ge、Snの濃度 ɛ//SiGe,ɛ//SiGeSn :SiGe、SiGeSnの面内歪 ωSi-SiSiGe,ωSi-SiSiGeSn : SiGe,SiGeSn (Si-Si mode)のラマンピーク	

謝辞:本研究にあたり、レーザーアニールを施していただいた LASSE/Screen Co., Ltd. 田畑 俊行氏、Karim Huet 氏に感謝申し上げます。
参考文献:

[1] J. Borland *et al.*, *ECS Trans.* **75**(4), 199 (2016).

- [1] J. Domand *et al.*, EES Trais. 19(4), 199 (2010).
- [2] R. Kim *et al.*, IEEE IEDM abstract, **34**.1.1, (2015).
- [3] 小孫 翔大 他, 第 79 回応用物理学会秋季学 術講演会, (18p-235-12C) (2018).
- [4] T. S. Perova *et al.*, J. Appl. Phys, **109**, 033502 (2011).
- [5] V. R. D'Costa *et al.*, Phys. Rev. B, **76**, 035211 (2007).



Fig. 1 Raman spectra (laser annealing vs. RTA).