

課題番号 : F-15-NU-0010
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 次世代半導体デバイスのための材料およびプロセス開発研究
 Program Title(English) : Materials and Process Developments for Future Semiconductor Devices
 利用者名(日本語) : 矢野翔大, 山羽隆, 志村洋介
 Username(English) : S. Yano, T. Yamaha, Y. Shimura
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科
 Affiliation(English) : Graduate school of Eng., Nagoya Univ.

1. 概要(Summary)

1.4 eV のエネルギーバンドギャップ (E_g) をもつ半導体は、単層太陽電池セルにおいて、最大のエネルギー変換効率が期待される。 $Si_{1-y}C_y$ は、C 組成を 6% とすることで E_g は 1.4 eV となる。しかしながら、C の Si 中への熱平衡固溶限は 10^{-3} at.% と非常に低く [1]、C は容易に析出する。そのため、Si 中に C の格子置換位置への取り込みが課題となる。そこで我々は $Si_{1-y}C_y$ に Sn を導入した $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ に着目している。これまでに 2.7% の高い C 組成の $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ エピタキシャル成長層の形成に成功し [2]、また、数値計算の結果から Sn-C 結合の安定性が示され [3]、 $Si_{1-y}C_y$ への Sn の導入の有効性が裏付けられている。本研究では、更なる高 C 組成を目指し、C の析出を抑制した固相成長法による多結晶 $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 層を形成し、その構造を評価した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

X 線光電子分光(XPS)装置

【実験方法】

石英基板上に高周波マグネトロンスパッタリング法を用いて、膜厚 100 nm のアモルファス $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 層を室温で堆積した。その後、窒素雰囲気中での熱処理を行い、固相成長を行った。Ar スパッタリングによるエッチングを併用した XPS 観察により、膜中の C の化学結合状態および各元素の組成の評価を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Sn 組成を 10% および C 組成を 5% に設計し、 $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 層を堆積した試料について、600°C、1 時間の熱処理で固相成長を行った。 $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 層はラマン散乱分光測定によって結晶化を確認した。この試料の XPS により測定した Ar スパッタ前後の $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 層の C1s コアスペクトルを Fig. 1 に示す。Ar スパッタ前では試料表面の C 汚染によるピークのみが観察されるが、Ar スパッタ後は $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 膜中の C 由来のピークのみを評価することができる。また、 $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 膜中の C1s コアスペクトルには Si-C 結合および Sn-C 結合と C-C 結合に起因するピークが観察される [4]。これらのピークをそれぞれ格子置換位置および格子間位置の C として、C 組成を

評価した。その結果、格子置換位置 C の組成比は平衡固溶限を上回る 4.0% と評価できた。また、総 C 量 (C_{total}) に対する格子置換位置の C 量割合 ($C_{sub.}$) の熱処理温度依存性を Fig. 2 に示す。低い温度の固相成長では格子置換位置の C 割合は増加している。さらに、X 線回折測定の結果から、低温熱処理では Sn の析出を抑制できることが分かった。これらの結果から低温での固相成長によって Sn および C の析出は抑制され、4.0% の C 組成の $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$ 層形成に成功した。

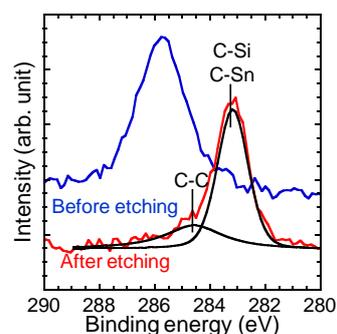


Fig. 1 XPS C1s spectra of poly- $Si_{0.85}Sn_{0.10}C_{0.05}$ before and after etching

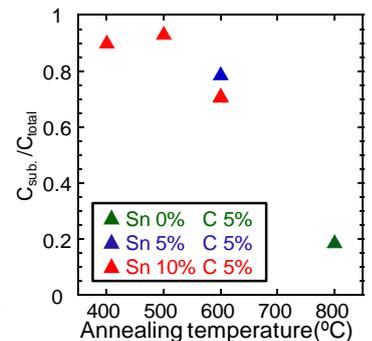


Fig. 2 The annealing temperature dependence of the $C_{sub.}/C_{total}$ ratio value of $Si_{1-x-y}Sn_xC_y$

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

- [1] R. W. Olesinski *et al.*, Bull. Alloy Phase Diagrams 5, 486 (1984).
- [2] T. Yamaha *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 08KA11 (2015).
- [3] R. Matsutani *et al.*, Phys. Status Solidi C 11, 1718 (2014).
- [4] S. Y. Park *et al.*, J. Appl. Phys. 91, 5725 (2002).

・ALCA(JST)「多層セル型太陽電池用IV族多元系混晶の結晶成長と界面構造制御」

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 矢野ら, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 13p-2W-12 (2015).

6. 関連特許(Patent)

なし。