19a-A4-10

歪み緩和 SiGe 薄膜を用いたヘテロ接合型太陽電池の作製

Fabrication of strain-relaxed SiGe films for heterojunction solar cell applications

産総研　°大島隆治、山中光之、川浪仁志、高遠秀尚、松原浩司、坂田功
AIST　°R. Oshima, M. Yamanaka, H. Kawanami, H. Takato, K. Matsubara, I. Sakata
E-mail : r.oshima@aist.go.jp

【はじめに】近年、メカニカル多接合太陽電池に向けた 0.9eV 帯ボトムセル材料として、$Si_{1-x}Ge_x$ 混晶半導体が注目されている。しかし、Si 基板と $Si_{1-x}Ge_x$ の格子定数差は最大で 4.2%と大きく、組成傾斜層を導入しないエピタキシャル成長では、ミスフィット転位が発生し、素子の性能が大きく劣化する[1]。そこで、我々は、階段状の組成傾斜層を用いて、低転位密度かつ完全に歪み緩和させた $Si_{0.58}Ge_{0.42}$ 薄膜の作製とヘテロ接合型太陽電池の評価を行ってきた[2]。今回、高効率 0.9 eV 帯太陽電池を目指して、様々な Ge 組成の $Si_{1-x}Ge_x$ ヘテロ接合太陽電池の作製と太陽電池特性を評価した。

【実験】試料は固体原料分子線エピタキシー（MBE）法を用いて作製した。低抵抗 p^+-Si(001)基板を超高真空中で 750°C の熱クリーニングを行い、150nm 厚の Si バッファ層を成長させた。その後、基板温度を 575°C に下げ $Si_{1-x}Ge_x$ 組成傾斜層を成長させた。$Si_{1-x}Ge_x$ 組成傾斜層は、約 7%/400nm の勾配で Ge 組成(x)を最大で x = 0.84 まで増大させた階段状の構造である。その後に、2μm 厚の $Si_{1-x}Ge_x$ 光吸収層を成長した。太陽電池の作製には、PECVD 法を用いて i -アモルファス Si (a-Si:H) 層、n^+ - a-Si:H 層を堆積し、表面、裏面電極には ITO/Al、Al を用いた。

【結果と考察】図 1 は本実験で作製した組成傾斜層を導入した $Si_{0.16}Ge_{0.84}$ 単結晶薄膜の高分解 XRD 測定における(224)面逆格子空間マッピングである。図中の点線は Si 基板に対して完全に格子緩和している状態であることを示している。Si 基板、$Si_{0.16}Ge_{0.84}$ 吸収層のピーク構造に加えて、多層から成る $Si_{1-x}Ge_x$ 組成傾斜層に起因した複数のピークが確認できる。この時、$Si_{0.16}Ge_{0.84}$ 吸収層、組成傾斜層のピーク位置は全て点線上にあり、完全に格子緩和していることが分かる。図 2 は吸収層厚 2μm の $Si_{1-x}Ge_x$ ヘテロ接合太陽電池の外部量子効率スペクトルである。Ge 組成(x)は x = 0 (Si), 0.42, 0.63, 0.84 を比較した。Si 太陽電池の吸収端は約 1150nm であるのに対して、$Si_{1-x}Ge_x$ 太陽電池の吸収端は、それぞれ 1220 nm (x = 0.42)、1260 nm (x = 0.63)、1380 nm (x = 0.84)であり、Ge 組成を増大させるに従い長波長化した。さらに、Ge 組成の増大に従って長波長領域の量子効率が大きく増大しており、光吸収係数が増大していることが示唆される。

【謝辞】本研究は NEDO からの委託研究「革新的太陽光発電技術研究開発」を受けて実施された。

[1] P.I. Gaiduk, et al., Thin Solid Films 367 (2000) 120-125.
[2] 大島他、第 73 回秋季応用物理学会(2012) 12p-F6-15.

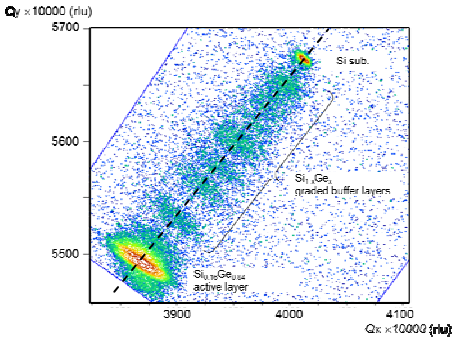

図 1 $Si_{0.16}Ge_{0.84}$ 薄膜の XRD 測定における(224)面逆格子空間マッピング。

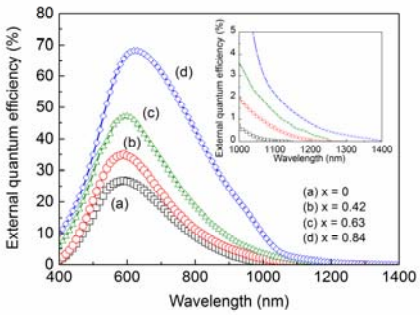

図 2 $Si_{1-x}Ge_x$ ヘテロ接合太陽電池の外部量子効率スペクトル。

© 2013 年　応用物理学会