熱処理中その場 X 線回折測定による a-Si/Ge 薄膜中ナノ結晶の観察

Observation of nano crystals in a-Si/Ge film by annealing in situ X ray diffraction

住友電工[1]，豊田工大[2] ○足立真寛[1]，豊島遼[1]，徳田一弥[1]，斎藤吉広[1]，藤井俊輔[1]，木山誠[1]，
山本喜之[1]，西野俊佑[2]，Muthusamy Omprakash[2]，竹内恒博[2]
Sumitomo Electric Industries, Ltd.[1], Toyota Technological Institute[2]
E-mail: adachi-masahiro@sei.co.jp

熱電材料を用いた発電技術は、排熱から直接電力に変換することが可能であり、持続可能なエネルギー源となり得るため、低炭素社会に向けたエネルギー材料技術として期待されている。しかし、熱電変換効率に直結する熱電性能指数 *ZT* の目標値が自動車廃熱発電で 5 以上に対し、実際の材料では 50 年近く 2 以下しか得られておらず、目標の実現は非常に困難であると見られている。この大きなギャップを、ナノ構造の精密制御により打破すべく、我々は研究開発を行っている。本研究では、高い性能指数の必要条件と考えているナノ結晶の形成機構に関する理解を深めるため、熱処理中その場 X 線回折測定にて、a-Si/Ge 薄膜中のナノ結晶を観察した結果を報告する。

MBE 装置にて、室温のサファイア基板上に、Si/Ge:Au を 1 周期とし、総膜厚 220nm になるように積層させた。今回、Si/Ge 厚みをまず 1/1.8nm に固定し、Ge 層に挿入する Au 厚みを 0.10、0.17、0.35nm に設定した。これを 80℃から 650℃まで 10℃/min で昇温し、約 0.5℃/回の頻度で、2 元検出器を用いて X 線回折測定を行った。試料表面の酸化防止のため、不活性ガス雰囲気で測定した。

SiGe 結晶からの回折信号に関して、200℃迄はいずれも非晶質であるが、Au 厚みが厚いほど、結晶化温度は低くなった(図 1。第一変化点と呼称)。シェラーの式から見積もった粒径は、いずれも 6nm であった。更に昇温させると、この粒径は一定のままであったが、380℃以上で粒径は更に増加した(第二変化点)。これらは、SiGe 結晶子が合体したことに起因すると推測している。

SiGe ナノ結晶を制御する観点から、第一変化点の挙動に注目すると、ナノ結晶が形成される時間(形成レート)は薄い Au 厚みの方が遅く、Au 厚みの制御により SiGe ナノ結晶の形成レートを制御できる可能性が示唆された。

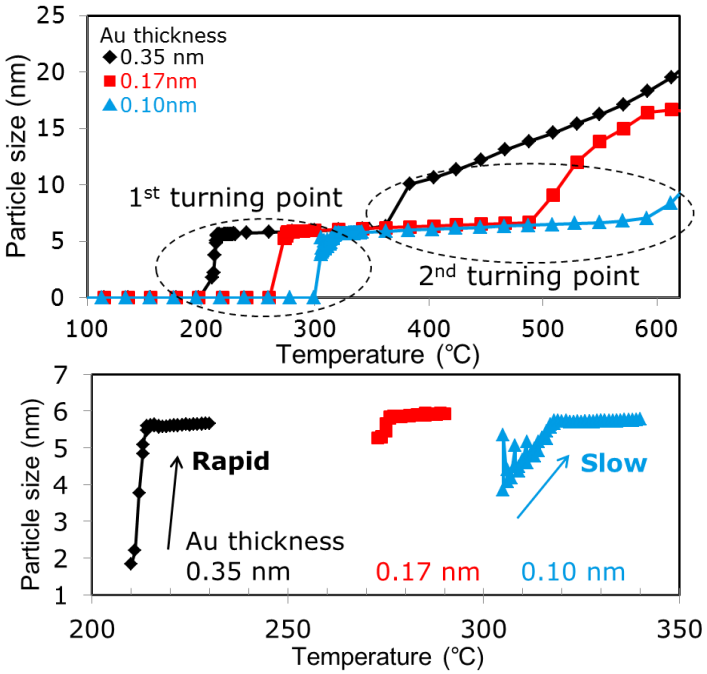

Fig.1: Particle diameter vs temperature.

謝辞:この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものです。本放射光測定は、SPring-8 利用研究課題番号 2016A5030, 2016B5031 で行われたものです。

© 2017年 応用物理学会