

急速加熱処理が低温成長 Ge 薄膜の構造に与える影響

Influence of Rapid Thermal Annealing on Structures of Ge Thin Films Grown at Low Temperature

○大塚 慎太郎、森 貴洋、森田 行則、内田 紀行、柳 永勲、大内 真一、更田 裕司

右田 真司、昌原 明植、松川 貴 (産総研)

°S. Otsuka, T. Mori, Y. Morita, N. Uchida, Y.X. Liu, S. O'uchi, H. Fuketa

S. Migita, M. Masahara, and T. Matsukawa (AIST)

E-mail: s-otsuka@aist.go.jp

【はじめに】 トンネル電界効果トランジスタ(TFET)は極低消費電力デバイスとして期待されている。TFET の課題は小さい電源電圧で十分な ON/OFF 比を得るために ON 電流を増加することである。以前、我々は SiGe/Si ヘテロ構造を導入した TFET を作製し、10 nm 以下の極めて薄い SiGe エピチャネルがトンネルエリアの拡大と価電子帯のバンドオフセットによる ON 電流の向上に効果的であることを示した[1]。SiGe 層をよりバンドギャップの狭い Ge 層に変えることでさらなる ON 電流の増大が期待できる。Si 基板上への Ge 膜の成膜法としては通常 LPCVD が用いられるが、Si と Ge の格子不整合と吸着 Ge のマイグレーションによって、ごく薄い膜の領域では島状成長が引き起こされる[2]。そこで我々はスパッタリングを用いた Ge 薄膜の成長に注目している。これまでに成長温度が Ge 膜の構造に及ぼす影響を評価し、成長温度 350 °C においてエピタキシャル成長した平坦な sub-10 nm Ge 膜の作製に成功している[3]。本研究では、同様の方法で作製した Ge 膜に追加の急速加熱処理(RTA)を行い、その RTA が表面形態と結晶性に与える影響を議論する。

【試料作製】Si (001)基板を希フッ酸(1%)で洗浄した後、DC マグネトロンスパッタ法によって 6 nm Ge 膜を堆積した。スパッタガスは Ar、成長温度は 350 °C である。Ge 膜を堆積した後、720 °C、40 s の急速加熱処理を行った。雰囲気は N₂、圧力は 0.45 Torr である。

【結果と考察】Fig. 1 に 350 °C 成膜と、追加 720 °C RTA した Ge 表面の AFM 像を示す。350 °C 成膜では Ge の核形成が見られる。AFM で測定した表面粗さ Root Mean Square (RMS)は 0.39 nm である。追加 RTA した Ge 表面では Ge 核の成長が見られるものの、RMS は 0.51 nm と、表面粗さの増加は無視できるほど小さい。Fig. 2 は 2 つのサンプルの Ge/Si ヘテロ構造の断面 TEM 像を示す。350 °C 成膜では、Ge 膜のコントラストが不均一である。また図中に三角で示した積層欠陥が見られる。これは Ge 膜の結晶性が低いことを示す。一方、RTA 後では、Ge 膜のコントラストが均一になり、積層欠陥も減少している。Fig.3 に示した Ge(004)ロックンカーブでは RTA 後、ピークがより狭くなっていることがわかる。これは再結晶化によってモザイク性が減少したことを示す。RTA 後、AFM で観察された Ge の核成長が再結晶化に寄与していると考えられる。以上の結果は、720 °C RTA が Ge 膜の結晶性の改善に有効であることを示す。

【謝辞】本研究の一部は NEDO の助成を受けて行われた。

【参考文献】[1] M. Goto *et al.*, *Ext. Abstr. SSDM* (2014) 852. [2] J.-S. Park *et al.*, *JJAP.* **45** (2006) 8581. [3] 大塚 他, 第 63 回応物春季 2016, 21p-P17-6

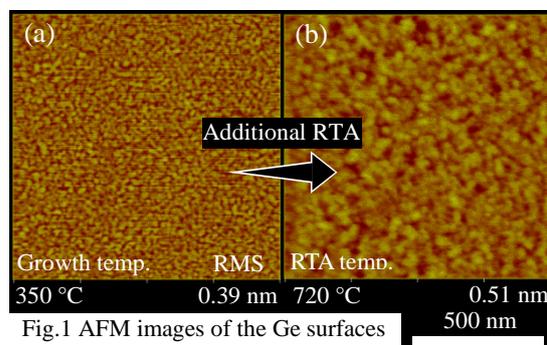


Fig.1 AFM images of the Ge surfaces (a) grown at 350 °C and (b) with additional 720 °C RTA.

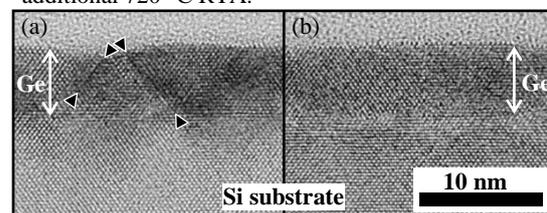


Fig.2 Cross-section TEM images of the Ge/Si heterostructure (a) grown at 350 °C and (b) with additional 720 °C RTA.

Fig.3 Ge (004) XRD rocking curves of the samples grown at 350 °C and with additional 720 °C RTA.

