

DC マグネトロンスパッタによる Si (001) 基板上への Ge 薄膜の形成

Fabrication of Ge thin films on Si(001) by DC magnetron sputtering

○大塚 慎太郎、森 貴洋、森田 行則、内田 紀行、柳 永助、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】IoT センサーノード用途向け極低消費電力デバイスとして期待されているトンネル電界効果トランジスタ(TFET)は、小さい電源電圧で ON 電流を増加しつつ高い ON/OFF 比を得るためにトンネル確率の増大が課題である。そのために、我々はエピ SiGe/Si ヘテロ構造を導入しトンネル距離の低減と合成電界によって電界強度を高めた Fin 型 TFET を提案した¹。トンネル距離の低減をさらに推し進めるためには、SiGe を極薄 Ge 層に変えることが有効である。Si(001)基板上への Ge 層の成膜法としては CVD が多数研究されているが、成長温度が高く、成膜初期の島状成長が問題となり極薄膜域における膜平坦性に問題がある²。そこで本研究では CMOS プロセスで一般的に使われているスパッタを用いたエピタキシャル薄膜形成³に着目した。スパッタ法は成長温度と成膜レートを独立に制御でき、大面積に比較的平坦な膜が形成可能という利点を有している。本稿では、成長温度が極薄膜 Ge の膜平坦性と膜質に与える影響を議論する。

【試料作製】Si(001)基板を希フッ酸で洗浄した後、DC マグネトロンスパッタ法によって 7 nm Ge 層を形成した。スパッタガスは高純度 Ar、成長温度は室温~500°C である。

【結果と考察】Fig.1 の挿入図は 350°C 成長の Ge 表面 AFM 像である。これは Ge の形成核の密度が高く、また平坦な膜が得られたことを示している。AFM で測定した表面粗さ Root Mean Square (RMS)の成長温度依存性は、400°C 付近から成長温度と共に RMS が増加する傾向を示している (Fig.1)。これは成長温度の上昇に伴って三次元島状成長に移行したためだと考えられる。次にそれぞれの成長温度でのラマンスペクトルを Fig.2 に示す。室温(R.T.)成膜試料は 275 cm⁻¹ を中心としたブロードなピークであるのに対し、350 及び 500°C 成膜試料では 300 cm⁻¹ 付近に Ge-Ge ピークが観測され、良好な結晶が得られていることが示唆される。Ge-Si 混晶⁴を示すピーク(388 cm⁻¹)は観測されていない。また Fig.3 に示すように、400°C 以下の低温成長時には Ge-Ge ピークの高波数シフトが観測された。これは、Ge/Si 格子不整合に起因する圧縮応力によるものと考えられる。一方、500°C 高温成膜試料では Bulk Ge (300.4 cm⁻¹)に近い値となっている。これは島状成長によって圧縮応力が緩和されたことを示している。

以上の結果は、ヘテロ構造 TFET 作成のために、DC マグネトロンスパッタ法による 350°C 程度の Si(001)基板上 Ge 低温成長の実現可能性を示唆している。

【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. Y. Morita et al., *Int. Conf. Solid State Devices Mater.*, **106**, 32–33 (2015).
2. J.-S. Park, M. Curtin, J. Bai, M. Carroll, and A. Lochtefeld, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **45**, 8581–8585 (2006).
3. G. Bajor, K. C. Cadien, M. A. Ray, J. E. Greene, and P. S. Vijayakumar, *Appl. Phys. Lett.*, **40**, 696 (1982).
4. G. Brill et al., *J. Cryst. Growth*, **201-202**, 538–541 (1999).

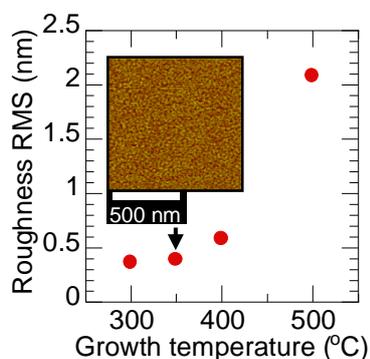


Fig. 1 Variation of roughness RMS of Ge surfaces. The inset shows AFM image of Ge surface grown at 350°C.

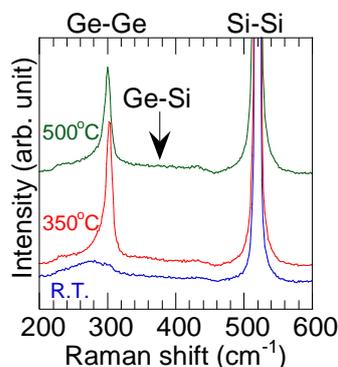


Fig. 2 Raman spectra of Ge films grown at R.T., 350, and 500°C.

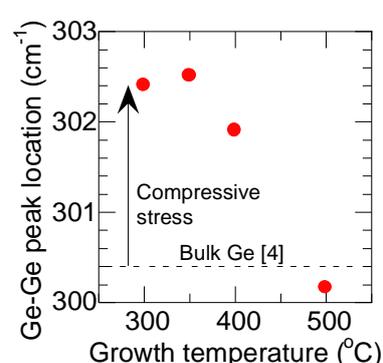


Fig. 3 Ge-Ge Raman shift peak location as a function of growth temperature.