

有機金属化学気相成長法を用いた Ge 薄膜の選択成長

Selective Growth of Ge Thin Films

by using Metal Organic Chemical Vapor Deposition

○鷲津智也¹、犬塚雄貴¹、浅野孝典^{1,2}、池進一^{1,2}、竹内和歌奈¹、中塚理¹、財満鎮明^{1,3}

(1. 名古屋大院工、2. 学振特別研究員、3. 名古屋大エコピア)

○T. Washizu¹, Y. Inuzuka¹, T. Asano^{1,2}, S. Ike^{1,2}, W. Takeuchi¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima^{1,3}

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. JSPS Research Fellow, 3. ESI, Nagoya Univ.)

E-mail: wtakeuti@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】金属-酸化膜-半導体電界効果トランジスタ(MOSFET)の新規チャネル材料として Si よりもキャリア移動度の高い Ge が注目されている。Ge 薄膜の選択的成長は、ソース・ドレイン領域への埋め込み構造や SiO₂/Si パターン構造への仮想 Ge 基板形成[1]等へ幅広く応用できる。Ge 薄膜の化学気相成長(CVD)には、一般的にモノゲルマンやジゲルマンが用いられるが[2]、それらの無機金属原料は可燃性および毒性等の危険性を含んでいる。一方、より安全な原料選択として、近年、有機金属(MO)原料を用いた CVD 法による Ge 薄膜の形成が報告されている[3,4]。しかし、MOCVD 法による Ge の選択成長に関する知見はなく、成長機構の解明と制御が必要である。今回、MOCVD 法による Ge 薄膜の選択成長について、基板温度が選択性に与える影響を調べた。

【実験方法】Si(001)基板表面に熱酸化によって膜厚 60 nm の SiO₂ 層を形成した。その後、リソグラフィおよび SiO₂ エッチングを施し、SiO₂/Si パターニング基板を作製した(Fig. 1)。化学洗浄および水素雰囲気中での熱処理(800 °C、15 分間)により試料表面を清浄化後、MOCVD 法を用いて Ge 層を成長した。Ge 原料には、tertiary-butyl-germane (t-BGe)を用い、成膜圧力、原料分圧、および基板温度はそれぞれ 3.0 kPa、0.71 Pa、および 300~400 °C とした。

【結果および考察】顕微ラマン分光法を用いて、パターニング基板上における Ge 成長の選択性を調べた。Ge-Ge 結合(300 cm⁻¹)を観測できるラマンシフト域 297.5~302.5 cm⁻¹の散乱光の強度分布マップを Fig. 2 に示す。全ての試料において Si 領域上で比較的均一な Ge-Ge 結合の存在が観察できる。一方、SiO₂ 領域上においては、基板温度 400 °C の試料では Ge-Ge 結合が観察されないのに対して、350 °C 以下の試料では局所的な Ge の成長を示す Ge-Ge 結合の強度分布が観察される。

SEM 観察により見積もった Si 領域上の Ge 膜厚を、単位成長時間で割って算出した成長速度のアレニウスプロットを Fig. 3 に示す。活性化エネルギーは 0.78 eV と見積もられた。同一原料を用いた Si 基板上の Ge 膜成長の活性化エネルギー(1.5 eV)[3]に比べて、この値は小さいことから、パターニング基板上における原料供給が成長速度を律速している可能性が示唆される。供給律速過程においては、基板種に依存する過飽和度の違いが成長の潜伏時間差を与える。成長温度の増大とともに Ge 成長に選択性が現れる理由の 1 つとして、高温成長時には Ge の成長速度が速く、SiO₂ 上の Ge 成長の潜伏時間の間に、Si 上で Ge 成長が生じると推測される。今回、MOCVD 法を用いた Ge の選択的成長制御を実証し、適切な成長温度条件を見出すことができた。

【参考文献】 [1] R. Loo et al., *J. Electrochem. Soc.*, **157**, H13 (2010). [2] F. Gencarelli et al., *Thin Solid Films*, **520**, 3211 (2012). [3] Y. Inuzuka et al., *ECS Solid State Lett.*, **4**, P57 (2015). [4] K. Suda et al., *ECS Trans.*, **64**, 697 (2014).

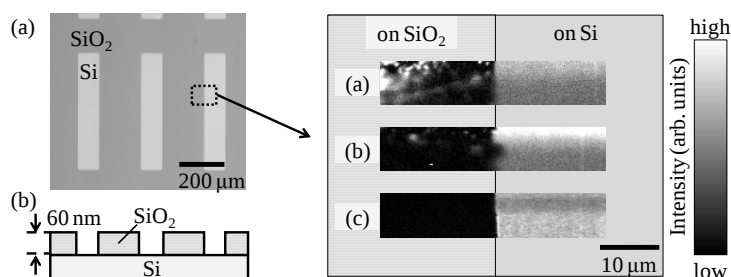


Fig. 1. (a) Plane view microscope image and (b) cross-sectional schematic images of the SiO₂/Si patterned substrate.

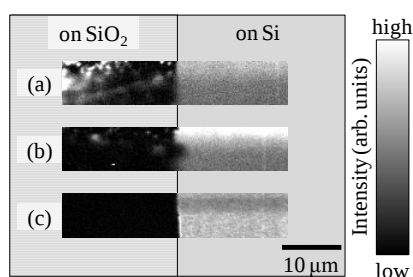


Fig. 2. Raman intensity maps of Ge-Ge bonds for SiO₂/Si pattern samples after MOCVD growth of Ge at substrate temperatures of (a) 300 °C, (b) 350 °C, and (c) 400 °C.

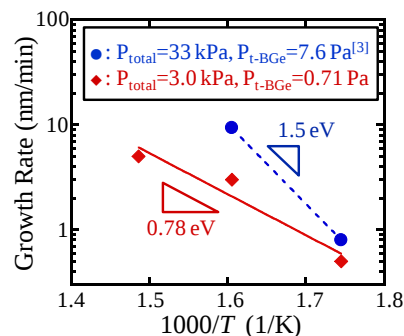


Fig. 3. Arrhenius plots of the growth rate of the Ge grown on Si substrates.