

極薄酸化膜ナノチャネルを用いたスパッタエピタキシーによる Si 基板上 GeSn 薄膜の成長

Epitaxial Growth of GeSn Thin Films on Si via Nanochannel Sputtering through Ultra-Thin Oxide

阪大院工¹, 早大 IPS², °石丸 賢昇¹, 原 征大¹, 小林 拓真¹, 志村 考功^{1, 2}, 渡部 平司¹

UOsaka¹, Waseda Univ.², °K. Ishimaru¹, M. Hara¹, T. Kobayashi¹, T. Shimura^{1,2}, H. Watanabe¹

E-mail: ishimaru@ade.prec.eng.osaka-u.ac.jp

Ge は、同じIV族元素である Sn を添加することでバンド構造を変調できるため、Si 基板上にモノリシックに集積可能な近赤外光の受発光素子材料として注目されている。しかし、Si 基板上に高品質な単結晶 GeSn 膜を形成する手法は未だ確立されていない。我々はこれまでに、スパッタリング法により Ge 基板上に高品質な GeSn 膜をエピタキシャル成長可能であること[1]、またナノチャネルエピタキシーにより圧縮歪みを緩和できることを示してきた[2]。現在は、これらの手法について Si 基板上の GeSn 成長への展開を進めている。一方で、極薄酸化膜を形成した Si 基板上に Ge を成膜すると、酸化膜の欠損部を起点として無転位の Ge が選択的に成長することが報告されている[3, 4]。本発表では、Si 基板上に形成した極薄酸化膜の欠損部をナノチャネルとして利用し、GeSn 薄膜のスパッタ成長に応用可能であることを報告する。

GeSn 膜のスパッタ成膜は、基板温度を 500°C に昇温後、スパッタ源のプレスパッタを 3 分間行った後に実施した。成膜直前の Si 基板表面状態を X 線光電子分光 (XPS) により評価した結果、フッ酸洗浄直後には表面酸化物の信号は観測されなかったが、プレスパッタ後には酸化物の存在が確認された (Fig. 1a)。これは、昇温およびプレスパッタによって表面を終端していた水素が脱離し、チャンバー内に残留する酸素により表面が容易に酸化することを示している。この表面上に、GeSn (Sn: 3.7%) を基板温度 500°C で 1 μm スパッタ成膜した。得られた GeSn 膜の結晶性を X 線逆格子マップ (RSM) により評価したところ、GeSn 薄膜の反射が緩和線上に明瞭に観測され、格子歪みが緩和したエピタキシャル成長であることがわかった (Fig. 1b)。さらに、断面 TEM 像では GeSn/Si 界面に 1 nm 程度の極薄酸化膜の存在が確認でき、酸化膜の欠損部から選択的にエピタキシャル成長したと考えられる (Fig. 1c)。フォトルミネッセンス (PL) スペクトルにおいても、Ge 基板上に成膜した圧縮歪みを内包した GeSn 膜[1]と比較して低エネルギー側へとシフトしており、格子歪みが緩和していることと整合する (Fig. 1d)。

[1] N. Tanaka *et al.*, APEX **16**, 095502 (2023). [2] 石丸他、第 85 回応用物理学会秋季学術講演会 19a-B5-5.

[3] Q. Li *et al.*, APL **85**, 11 (2004).

[4] M. Halbwax *et al.*, J. Crystal Growth **308**, 26 (2007).

[謝辞] 本研究の一部は JSPS 科研費 (23K22798)、「次世代 X-nics 半導体創生拠点形成事業」(No.JPJ011438) の支援を受けた。スパッタリング成膜は、アルバック未来技術協働研究所の装置を用いて行った。

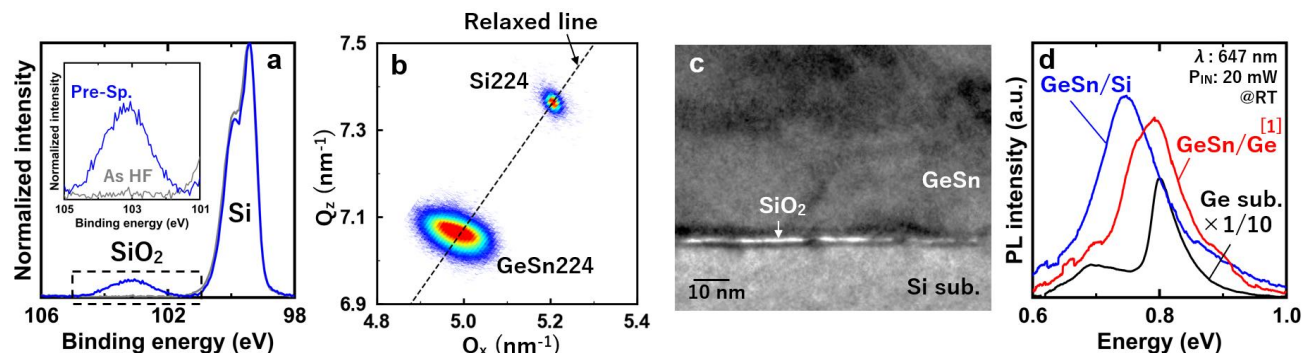


Fig. 1 (a) XPS Si2p spectra of Si substrates after HF cleaning and pre-sputtering. (b) RSM of the GeSn layer on Si(001) substrate. (c) XTEM image of the GeSn/Si interface. (d) PL spectra of GeSn layers grown on Si(001) and Ge(001) substrates. The data for the GeSn/Ge sample is adapted from [1].