

2014B1613

BL19B2

MOCVD 法で Ge 基板上に作製した GeSn 膜における格子定数の精密測定 Detailed Evaluations for Lattice Parameters in GeSn Films Fabricated by MOCVD

須田 耕平, 池野 成裕, 徳武 寛紀, 石原 聖也,
山本 章太郎, 村上 立海, 小椋 厚志
Kohei Suda, Norihiro Ikeno, Hiroki Tokutake, Seiya Ishihara,
Shotaro Yamamoto, Tatsumi Murakami, Atsushi Ogura

明治大学
Meiji University

本課題では、MOCVD 法における各種成膜条件が GeSn エピタキシャル膜へ与える影響を調べるために、BL19B2 ビームラインで X 線回折法による測定を実施し、格子定数および Sn 濃度の精密評価を行った。成膜時の原料供給量が異なる試料を測定した結果、原料供給量が多いほど面直方向の格子定数が増加していることを確認した。放射光を用いた測定により、格子定数および Sn 濃度のより精密な評価が可能となった。

キーワード： GeSn、X 線回折法、格子定数評価

背景と研究目的：

ULSI は、ムーアの法則に従った各素子サイズの微細化により処理能力の向上を実現してきた。しかしながら、素子サイズがナノメートル領域にまで至ったことにより、短チャネル効果の顕在化や微細化プロセスの複雑化・高コスト化など様々な弊害が生じている。このため、性能向上を微細化のみに依存しないポストスケールリング技術が必要とされている。GeSn はこのポストスケールリング技術の一つであり、Ge MOSFET のチャネルへの歪印加に利用される。GeSn をソース/ドレイン材料として使用することで Ge チャネルへ一軸性圧縮歪が加わり移動度が向上する。GeSn ストレッサは Ge チャネルに対しエピタキシャル成長する必要があり、Sn 濃度が高いほど印加される歪量も高くなる。実デバイスにおいて適切な歪を印加し、所望のキャリア移動度を得るためには、GeSn 膜の格子定数の精密評価が必要不可欠である。

実験：

測定水準としては、有機金属化学気相成長(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD)法により Ge(001)基板上に作製した GeSn 膜を用いた。格子定数や Sn 濃度、Ge 基板への格子整合の有無に寄与すると考えられる各種成膜条件を変化させた水準を 4 種類用意した。その詳細を表 1 に示す。

これらの水準に対し BL19B2 で X 線回折法による測定を実施した。なお、X 線の波長は 10 keV とした。Sn 濃度は(004)回折プロファイルから、格子整合の有無は(224)回折プロファイルからそれぞれ評価した。

表 1. 測定水準の概要

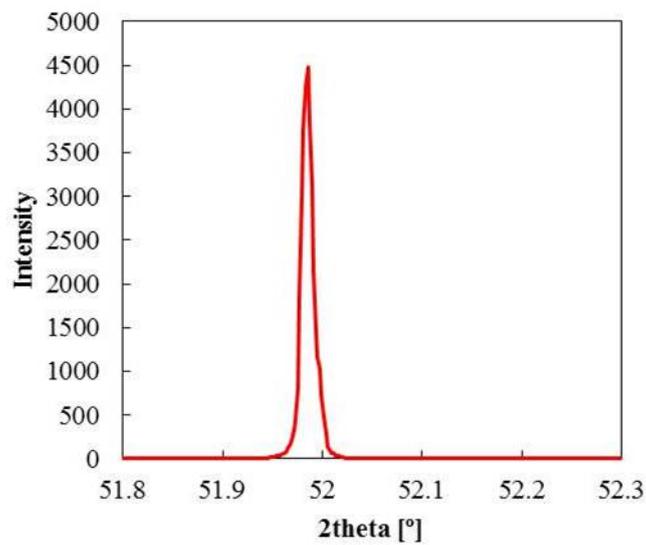
水準番号	基板温度 [°C]	成膜圧力 [Torr]	成膜時間 [min]	Ge, Sn原料供給量 [mol/min]
1	360	30	120	1.4×10^{-4}
2	360	30		3.5×10^{-5}
3	320	30		1.4×10^{-4}
4	280	10		1.4×10^{-4}

結果および考察：

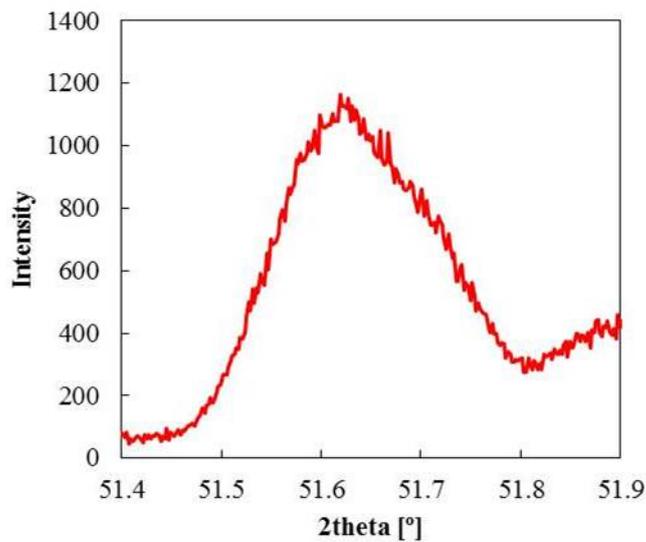
水準 1 に対する測定結果を記載する。図 1(a)(b)は、Ge 基板および GeSn 膜の(004)回折プロファイルである。GeSn 膜の(004)回折スペクトルは約 51.62°の位置に観測され、Ge(004)回折スペクトルと比較し低角側に約 0.37°シフトしていた。この結果より計算される(004)面の d 値は約 0.1424 nm であり、GeSn 膜が Ge 基板に格子整合している場合、Sn 濃度は約 2.08%となる。

次に、GeSn 膜が Ge 基板に格子整合していることを評価するために、GeSn(224)回折プロファイルの測定を行った。GeSn 膜が Ge 基板に格子整合しているという仮定の下、(004)回折プロファイルから得られた d 値を使用して χ 軸の角度(54.56°)を算出し、その角度での測定を行った。その結果、図 2 に示した GeSn(224)回折プロファイルを観測した。これより、GeSn 膜が Ge 基板に格子整合していることが確認された。

本測定により、MOCVD 法で作製した GeSn 膜の格子定数および Sn 濃度の精密評価が可能となった。また、図 1(b)および図 2 で示した GeSn 膜のプロファイルが非対称形状をしていることから、GeSn エピタキシャル膜の格子定数が膜厚方向で変化している可能性も示唆された。



(a)



(b)

図 1. (a)Ge 基板および(b)GeSn 膜の(004)回折プロファイル

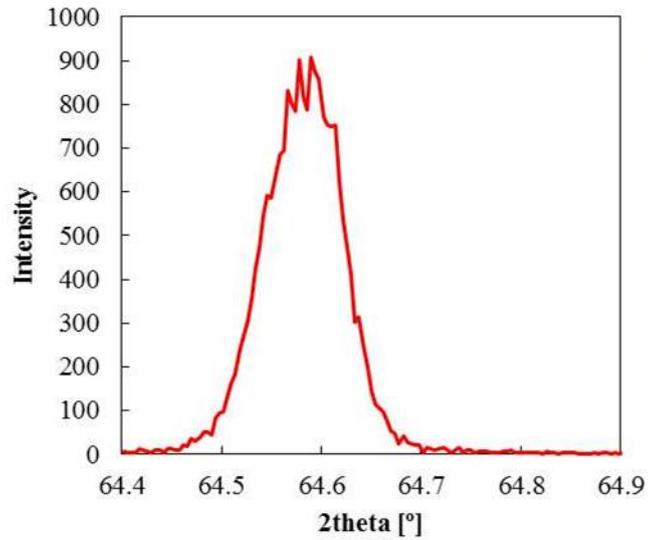


図 2. GeSn 膜の(224)回折プロファイル

今後の課題：

今回の測定において、GeSn エピタキシャル膜の格子定数が膜厚方向で変化している可能性が示唆された。今後は放射光を用いた In-plane 測定などによる深さ方向分析を実施し、膜厚方向の格子定数変化について精密評価を行う必要がある。そして深さ方向分析の結果を試料成膜にフィードバックし、格子定数のばらつきを抑制することは、実デバイスにおいて GeSn 膜をストレッサ材料として使用し、適切な歪量をチャンネルに印加するために必要不可欠な評価であると考えられる。