

硬 X 線光電子分光法 (HAXPES) による ゲルマニウムスズ薄膜の深さ方向化学結合状態評価 (II)

Depth characterization of chemical states in GeSn thin film by HAXPES (II)

○白田宏治¹, 高石理一郎¹, 吉木昌彦¹, 須田耕平², 小椋厚志², 富田充裕¹ (1. 東芝研開センター, 2. 明治大)

○Koji Usuda¹, Riichiro Takaishi¹, Masahiko Yoshiki¹, Kohei Suda², Atsushi Ogura²,
and Mitsuhiro Tomita¹ (1. Corporate R&D Center, Toshiba Corp., 2. Meiji Univ.)

E-mail: koji.usuda@toshiba.co.jp

【序】GeSn 結晶は、Si に代わる高移動度チャネル、ひずみストレッサー、或いはバンド構造変調による光学素子材料として多様な応用が期待される。しかしながら Sn の固溶限界は 1 atomic% オーダとされ[1]、表面偏析を抑えた高品質 GeSn 結晶薄膜の実現には、Sn 濃度を%オーダで制御可能な結晶成長技術の確立とその評価が重要である。前回、放射光を光源とする硬 X 線光電子分光法 (HAXPES) による GeSn 薄膜評価を実施し、薄膜最表面の偏析層とその直下の GeSn 薄膜の一括測定、即ち非破壊深さ方向化学結合状態評価が可能である事を示した[2]。本報告では、析出の直接確認と膜質改善を図った試料の評価結果について報告する。

【実験】HAXPES測定 (SPRING-8, BL16XU、課題番号 2015B5060, 2016A5060) は、前回同様、励起エネルギー: 7943.95 eV、ビーム径: $H0.05 \times W0.03(\text{mm}^2)$ 、電子アナライザー: SCIENTA R4000で実施した。GeSn薄膜形成には、低温かつ低残留C濃度成長を可能とする新原料によるMOCVD成長法[3]を適用した。試料は、前回[2]と同様のSn濃度: 2 及び3 atomic% 狙い試料、偏析を意図した偏析確認用(予め断面TEM観察で析出を確認済み)試料、及び比較的低温(320度)で成長し結晶性改善を試みた新試料(Sn濃度: 2 及び3 atomic% 狙い、の3組の試料をそれぞれ(001)Ge基板上に形成した。

【結果】Fig.1に、前回のSn濃度2%狙い(黒線)、3%狙い(赤線)、及びSn偏析を意図したGeSn成長を行った試料(紫線)のHAXPES (Sn3d_{5/2}) スペクトルを示す。低Sn濃度(2%)試料と比べて高Sn濃度(3%)試料(赤線)では、Sn偏析由来と考えられるピーク分離が生じ、低結合エネルギー(B.E.)側に新たなピークが観測される。更に、Sn偏析を意図した試料(紫色)のピーク位置は、高Sn濃度試料(赤線)の低B.E.側ピーク位置と良

く一致する。即ち、高Sn濃度試料(赤線)で観測されたピーク分離は、表面Sn析出によるものと考えられる。一方、図2には、結晶性改善を意図したGeSn薄膜のHAXPES測定結果を示す。図中の新試料のSn濃度は、図1のそれと同等でありながら、ピーク分離は生じず、高B.E.側にシングルピークのみが観測された。更に、Snピーク(bulk)の約2eV程度高B.E.側に観測される酸化Sn由来と考えられるピークのピーク強度が図1と比べて抑制されている事も確認できた。以上、HAXPES法は、GeSn薄膜の深さ方向化学結合状態解析、即ち最表面のSn析出情報とその直下のbulk-GeSn情報の一括かつ非破壊評価に有効である。更に、結晶性改善を意図した成長条件で作製したGeSn薄膜の評価にも本手法を適用した所、高品質GeSn薄膜の実現を示唆する解析結果をも得る事ができた。

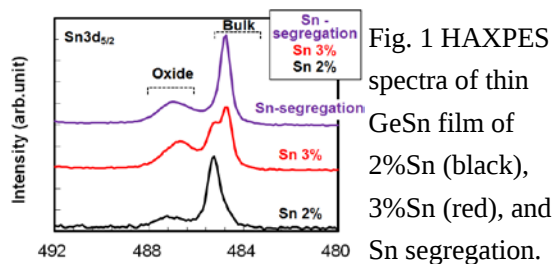


Fig. 1 HAXPES spectra of thin GeSn film of 2%Sn (black), 3%Sn (red), and Sn segregation.

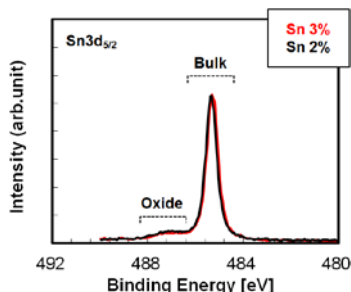


Fig. 2 HAXPES spectra of improved GeSn film of 2%Sn (black) and 3%Sn (red).

【文献】[1] C. D. Thurmond et al., J. Chem. Phys. 25, 799 (1956), [2] 白田ら、第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 14a-PB6-1, [3] K.Suda et al., ECS J. Solid State Sci. Technol., 4 (5) (2015) 152.