第76回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集 (2015 名古屋国際会議場)

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

Depth characterization of chemical states in GeSn thin film by HAXPES

○臼田宏治[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[2]）
○Koji Usuda[1], RiichiroTakaishi[1], Masahiko Yoshiki[1], Kohei Suda[2], Atsushi Ogura[2], and Mitsuhiro Tomita[1]（1.Corporate R&D Center, Toshiba Corp., 2.Meiji Univ.）
E-mail: koji.usuda@toshiba.co.jp

【序】GeSn 結晶薄膜は、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、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薄膜実現には、Sn 濃度を%オーダで制御した結晶成長技術確立とその薄膜評価が重要である。ここに放射光を用いた硬 X 線光電子分光法（HAXPES）[2]は、高励起 X 線エネルギー（8keV 程度以上）による大きな非弾性平均自由行程：IMFP（Inelastic mean Free Path）が特徴で、XPS と比べてより深い検出深度が得られる為、偏析に関わる表面情報と、表面直下の bulk 情報とを一括で評価できる可能性がある。そこで本報告では、HAXPES 装置による、異なる Sn 濃度の GeSn 薄膜結晶の化学結合状態評価を試みたので報告する。

【実験】HAXPES測定（SPring-8、BL16XU、課題番号 2014A5060,2014B5060）は、励起エネルギー：7943.95 eV、ビーム径：H0.05×W0.03(mm^2)、分析領域：H0.05×W4(mm^2)、光電子検出角度(TOA)：～89.5°、パスエネルギー(P.E.)：200 eV、電子アナライザー：SCIENTA R4000 Lens1 10keVで行った。一方、比較用XPS測定は、Kratos AXIS ULTRA、線源：モノクロ Al Kα (1486.7 eV)、分析領域：約0.6×0.9 (mm^2)、TOA：90°、P.E.：40eVで行った。GeSn薄膜試料は、(001) Ge基板上に、低温かつ低残留C濃度成長が可能な原料[3]によるMOCVD成長（Sn 濃度：2 及び3 atomic%狙い）で作製した。

【結果】Fig.1に、Sn濃度2%狙い(黒線)と3%狙い(赤線)のGeSn試料のXPS($Sn3d_{5/2}$)スペクトルを示す。XPSは表面敏感な測定手法である為、高束縛エネルギー側に高強度のSn酸化膜ピークと、低束縛エネルギー側に低強度のSn-bulkピーク（484.9eV, 紫色矢印）が観測された。両試料間の、ピーク形状差は僅かで、明瞭な組成依存性は確認されなかった。次にFig.2に、Fig.1と同じ試料のHAXPESスペクトル($Sn3d_{5/2}$)を示す。Fig.1と異なり、Sn-bulkピーク(紫色矢印、Fig.1と同位置に図示)強度は、高束縛エネルギー側のSn酸化膜ピークよりも強く、表面直下のbulk情報をより高感度に捉えられる事が確認できた。更に、Sn濃度3%狙いGeSn試料のSn-bulkピーク(赤線)にのみ、ピーク分裂が明瞭に確認された。そこで、モノクロ化された高平行度入射光の特徴を生かし、XPSより更に表面感度が高い全反射(TR)測定を行った結果(青線)、本ピークが、表面析出Sn層とその直下のGeSn層起因の重畳ピークであると帰結できた。即ち、HAXPES は、%オーダのSn濃度変化に起因するGeSn薄膜中深さ方向化学状態変化を、非破壊かつ詳細に評価可能と期待できる。

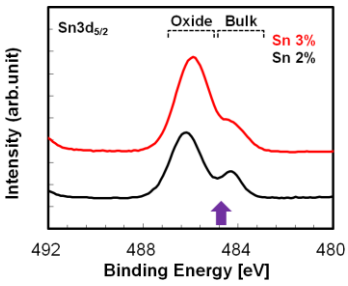

Fig. 1 XPS spectrum of GeSn/(001)Ge of 2% (black) and 3% (red) Sn concentration.

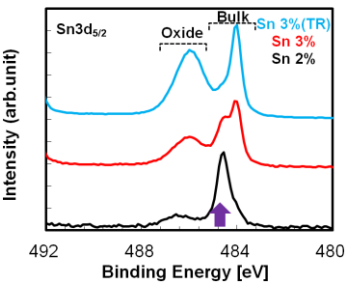

Fig. 2 HAXPES spectrum of GeSn/(001)Ge of 2% (black) and 3% (red &blue) Sn concentration.

【文献】[1] C. D. Thurmond et al., J. Chem. Phys. 25, 799 (1956).[2] M. Yoshiki et al., SPring-8 User Exp. Report, 2008B1852 (2009). [3] K.Suda et al., ECS J. Solid State Sci. Technol., 4 (5) (2015) 152.

© 2015年 応用物理学会