

2元同時スパッタリング法による $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ 薄膜の形成

Formation of $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ thin films by co-sputtering using two different targets

明大理工¹ 上藤 健太¹, 勝俣 裕¹

Meiji Univ.¹, [○]Kenta Uefuji, Hiroshi Katsumata

E-mail: ce201007@meiji.ac.jp, katumata@meiji.ac.jp

【はじめに】

Mg_2Si は環境配慮型半導体として赤外受光素子[1]や熱電変換素子等への応用が期待される。また、 Mg_2Si に Sn を添加した $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ は組成比を変化させることで禁制帯幅を 0.3-0.7 eV まで制御することができるため、SWIR から MWIR の領域にわたる赤外受光素子として期待できる。 $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ の相図では $0.4 \leq x \leq 0.6$ で Mg_2Si と Mg_2Sn の複相が得られ、三元固溶体を得られ難い。先行研究では、 Mg_2Si ターゲット上に Sn チップを配置した 1 元共スパッタリング法 (1T と表記) により薄膜を形成していたが、組成制御が困難であることや $400^\circ C$ 熱処理後に Mg 抜けに起因する表面荒れが生じる等の課題があった[2]。本研究では、 Mg_2Si ターゲットと Sn ターゲットを用いた 2 元同時スパッタリング法 (2T と表記) により、各々の成膜条件を独立して制御することで $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ 薄膜の組成の適正化と共に膜質の改善を図る。

【実験方法】

Mg_2Si ターゲット (3N, $\phi 3$ inch) および Sn ターゲット (4N, $\phi 3$ inch) を用いて、各々 RF および DC の 2 元同時スパッタリング法により、c 面サファイア基板あるいは (100) CaF_2 基板上に $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ 薄膜を成膜した。その後、 Ar/H_2 (3.0 vol%) 雰囲気中で $200^\circ C$, 30 min + $350^\circ C \sim 400^\circ C$, 1 min ~ 1 h の二段階熱処理を行い、 $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ 三元固溶体薄膜 (2T) の形成を試みた。得られた結果を 1 元共スパッタリング法により作製した $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ 薄膜 (1T) の諸特性[2]と比較した。

【結果と考察】

図 1 にサファイア基板の 1T および 2T 薄膜の XRD スペクトルを示す。(111)面の XRD ピークより、Vegard 則を用いて組成を計算した。1T_400°C, 1 min の熱処理後は孤立 Mg と $Mg_2Si_{0.21}Sn_{0.79}$ が得られた。一方、2T_350°C, 1 h の熱処理後は孤立 Mg と $Mg_2Si_{0.26}Sn_{0.74}$ が観測された。2T_400°C, 1 min の熱処理後は孤立 Mg が僅かに残留するものの、 $Mg_2Si_{0.48}Sn_{0.52}$ が得られた。また、2T 薄膜は 1T 薄膜に比べて (111) ピークの半値幅は 0.2 deg. 以上増大した。図 2 に 1T および 2T 薄膜の $400^\circ C$, 1 min および 30 min の熱処理後の表面光学顕微鏡写真を示す。1T_1 min および 30 min の熱処理後は Mg 抜けに起因した表面荒れが生じているのに対し、2T 薄膜では 30 min の熱処理後でも表面荒れが見られなかった。これは 1 元共スパッタリング法よりも 2 元同時スパッタリング法の方が熱処理中の Mg 抜けを抑制できることを示唆している。

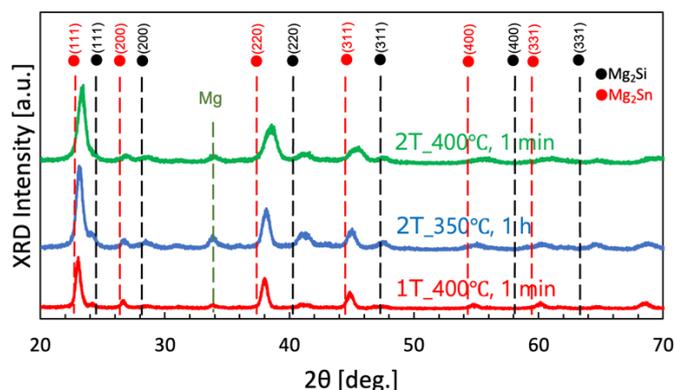


Fig. 1 XRD spectra of 1T_ and 2T_ films

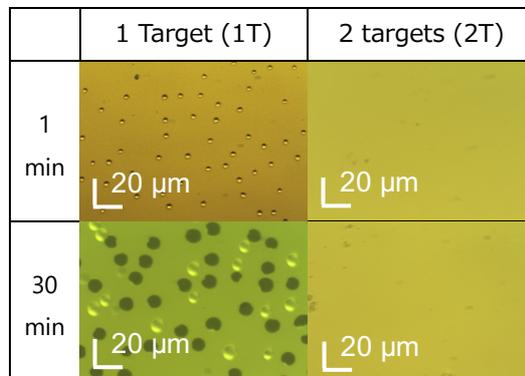


Fig. 2 Optical micrographs of 1T_ and 2T_ films

[1] 鶴殿 治彦, 応用物理, **88**, 797(2019).

[2] 布施翔太郎他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-PA3-3 (2019).