

粉体ターゲットを用いたスパッタ法で作製した HfS_2 膜の H_2S アニールによる膜質改善

Improvement of film quality by H_2S annealing for HfS_2 film prepared by sputtering method using powder target

○石川 太一¹、堀 幸妃^{1,2}、岡田 直也²、横川 凌^{1,3}、小椋 厚志^{1,3}

(1. 明治大理工、2. 産総研、3. 明大 MREL)

○T. Ishikawa¹, K. Hori^{1,2}, N. Okada², R. Yokogawa^{1,3}, A. Ogura^{1,3}

(1. Meiji Univ., 2. AIST, 3. Meiji Renewable Energy Laboratory)

E-mail: ce241047@meiji.ac.jp

背景: 遷移金属ダイカルコゲナイド (TMD) は、次世代電子デバイスへの応用が期待されている二次元層状物質である。中でも HfS_2 は高電子移動度かつ約 1.2 eV のバンドギャップを持つなど次世代チャネル材料として魅力的な特性を有している。一方で、これまで固体ターゲットを用いたスパッタ法による成膜は困難で、我々は粉体 HfS_2 ターゲットを用いることでスパッタ法による HfS_2 成膜を報告している[1]。今回、スパッタ法で成膜した HfS_2 膜を h-BN 保護膜を通して H_2S 雰囲気中でアニールすることで膜質の改善が確認されたので報告する。

実験: 希釈 HF 処理によって自然酸化膜を除去した Si 基板上に純度 99.9% の粉体 HfS_2 をターゲットに用いた RF マグネトロンスパッタリングにより、 HfS_2 膜を成膜した (RF パワー: 100 W、基板温度: 300 °C、チャンバー内 Ar 分圧: 0.5 Pa、製膜時間: 1000 s)。成膜後チャンバーから取り出した試料と、同一チャンバー内でパッシベーション膜として h-BN を同一基板温度、成膜時間 200 s、固体ターゲットを用いたスパッタ法で堆積した試料を作製した。試料取り出し後、100 kPa の H_2S で満たされたアニール炉で 800 °C、40 分間アニール処理を行った。化学結合状態の評価には Al-K α X 線 (1486.6 eV) を用いた X 線電子分光法 (XPS)、結晶状態の評価には UV レーザ (励起波長 355 nm) を用いたラマン分光法を用いた。

結果: h-BN パッシベーション無しの試料ではチャンバーから取り出した直後から、酸化が進行し、 HfS_2 膜が確認されなかった。h-BN パッシベーションおよびアニール処理した HfS_2 膜の Hf4f および S2p 光電子スペクトルをそれぞれ Fig.1 に示す。 HfS_2 の形成が確認でき、ピーク面積と相対感度係数より導出した S/Hf 比は 2.001 であり、化学量論的な値と一致している。 H_2S アニールのない試料では S/Hf 比は 1.53 であり[1]、 H_2S アニールで S 欠損を適切に補填できていることがわかる。h-BN パッシベーションのある試料の H_2S 雰囲気でのアニールの有無による HfS_2 膜のラマンスペクトルの変化を Fig.2 に示す。どちらも 340 cm^{-1} 付近に A_{1g} モード由来、260 cm^{-1} 付近に E_g モード由来のピーク[2]が確認された。 H_2S 雰囲気でのアニールを行うことでラマンスペクトルの半値幅が減少し、膜質改善が反映された。以上より、粉体 HfS_2 ターゲットを用いたスパッタ法で成膜した HfS_2 膜を h-BN パッシベーションを通して H_2S 雰囲気でのアニール処理により膜質を改善できることを確認した。

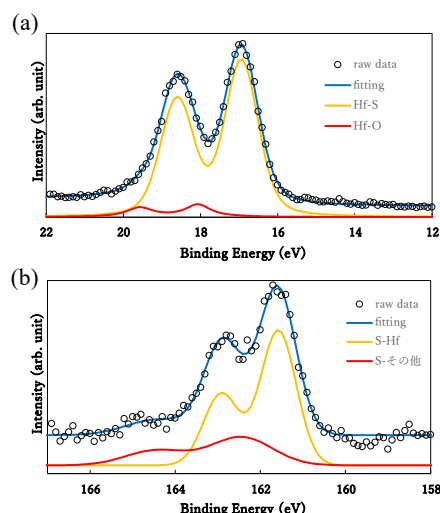


Fig. 1 XPS spectra of (a) Hf4f and (b) S2p for HfS_2 H_2S annealing through h-BN passivation film.

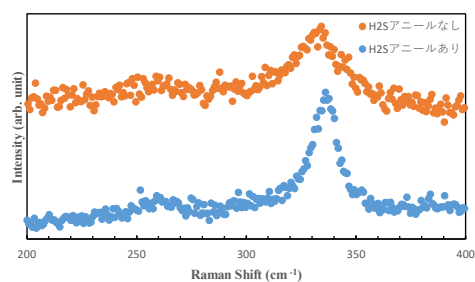


Fig. 2 Raman spectra of HfS_2 w/ and w/o H_2S annealing.

謝辞: 本研究は、文部科学省次世代 X-nics 半導体創生拠点事業 JP011438 の助成を受けたものである。

参考文献:

[1] 石川 太一 他, 2023 年秋応物(19p-A202-14).

[2] M. Mattinen *et al.*, Chem. Mater. **31**, 5713 (2019).