

トランジスタ応用を目指した HfS_2 薄膜の CVD 合成CVD growth of HfS_2 thin films for transistor applications九大院総理工,¹ 九大 GIC²○椎葉 俊明¹, Adha Sukma Aji¹, 末永 健志朗¹, 河原 憲治², 吾郷 浩樹^{1,2}Grad. Schl. Eng. Sci.¹ and GIC², Kyushu Univ.°Toshiaki Shiiba¹, Adha Sukma Aji¹, Kenshiro Suenaga¹, Kenji Kawahara², Hiroki Ago^{1,2}

E-mail: h-ago@gic.kyushu-u.ac.jp

【背景】遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) は低消費電力デバイスやフォトディテクター等への応用が期待されている二次元半導体材料である。一般に、 MoX_2 や WX_2 ($X: \text{S, Se, Te}$) といった VIB 属の金属のカルコゲナイドが活発に研究されているが、 ZrX_2 や HfX_2 などの IVB 族の金属は報告が多くない。しかし、理論計算によると音響フォノンによって制限される MoS_2 のキャリア移動度 (室温) は $340 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であるのに対し、 HfS_2 中の移動度は $1800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と非常に高くなることが報告されている [1]。さらに、 HfS_2 は high k 絶縁体である HfO_2 との親和性も考えられ、トップゲート FET への有効性も期待される。しかしながら、これまで報告された HfS_2 を用いた FET の多くは剥離法によって作られており [2]、大面積合成やデバイス応用に適した CVD 法による報告例は限られている [3,4]。そこで本研究では、CVD 法により高品質な HfS_2 の合成を試みたので報告する。

【結果と考察】 HfS_2 の合成は、塩化ハフニウムと硫黄を原料とした熱 CVD 法により行った。それぞれの原料、およびサファイア基板は独立して温度を制御した。Fig. 1(a) はサファイア上に堆積した HfS_2 のラマンスペクトルと光学顕微鏡像である。 HfS_2 に由来する A_{1g} と E_g ピークが観測され、 HfS_2 薄膜が生成していることを確認できた。また、 A_{1g} ピークの線幅が単結晶 HfS_2 の値 [3] と同程度であったことから高品質の HfS_2 が合成できたといえる。Fig. 1(b) に示す AFM 像から、この HfS_2 の薄膜の厚さは約 30 nm であった。さらに、Fig. 1(c) の SEM 像から、グレインサイズは小さいものの、方位が揃った成長の可能性が明らかとなった。

Fig. 1(d) は作製したデバイスに白色光を照射して得られた光応答サイクルである。光照射で励起された電子は電極から取り出され、明瞭な光電流が観察された。このことから CVD 合成した HfS_2 は剥離膜と同様に、光応答性を示す半導体であることがわかった。しかし、得られた電流値は 80 pA と小さく、大気中の水分や酸素によって HfS_2 が HfO_2 に酸化された可能性や金属/ HfS_2 のコンタクト抵抗が原因として考えられる。そのため、発表ではこれに対する対応を含め、FET 特性についても議論を行う予定である。

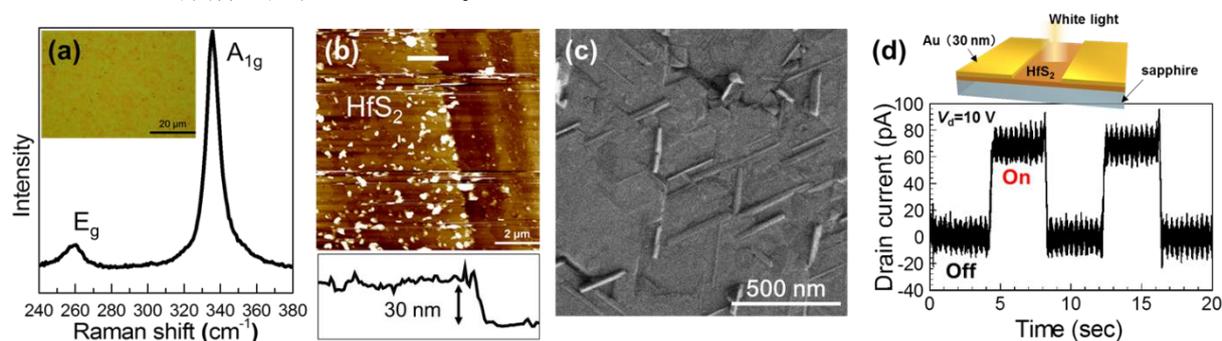


Fig. 1 (a) Raman spectrum and OM image of the CVD-grown HfS_2 thin film. (b) AFM and (c) SEM images. (d) Photoresponse of the HfS_2 device measured with white light exposure.

【参考文献】 [1] W. Zhang *et al.*, *Nano Res.*, **7**, 1731 (2014). [2] T. Kanazawa *et al.*, *Sci. Rep.*, **6**, 22277 (2016). [3] S. H. Chae *et al.*, *ACS Nano*, **10**, 1309 (2016). [4] L. Fu *et al.*, *Adv. Mater.*, **29**, 1700439 (2017).