Si(111)微傾斜基板のオフ方向が 2D-In_2Se_3 薄膜の結晶方位に与える影響

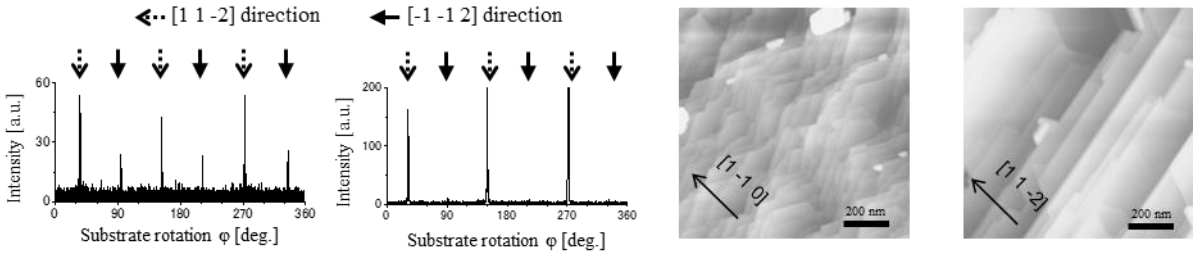
Effect of the off-cut direction of Si (111) vicinal substrate on 2D-In_2Se_3 growth

豊田工業大学 ○川勝 桂, Yu-Cian Wang, 小島 信晃, 大下 祥雄, 山口 真史

Toyota Technological Institute, ○Kei Kawakatsu, Yu-Cian Wang, Nobuaki Kojima, Yoshio Ohshita, Masashi Yamaguchi

E-mail: sd18407@toyota-ti.ac.jp

近年,高効率・低コストセルとして,エピタキシャルリフトオフ法 (ELO) によって製造される薄膜Ⅲ-Ⅴ族太陽電池が注目されている. 我々は,二次元化合物半導体 α-In_2Se_3 を GaAs 薄膜 ELO の犠牲層に応用して,2 インチ Si 基板に成長した GaAs 薄膜のリフトオフに成功した. α-In_2Se_3 はその 2 次元層状構造によって,劈開で薄層剥離できる. この性質を利用した新規 ELO 技術は,薬品エッチングを用いる従来手法と比較して,GaAs 薄膜を短時間でリフトオフすることが可能である. 課題は, α-In_2Se_3 膜および GaAs 膜の双晶ドメインの発生を抑制し,シングルドメインでの成長を実現することである. 我々はこれまでに,Si(111)微傾斜基板を用いることで,MBE 成長した α-In_2Se_3 薄膜の 60° 双晶ドメインを抑制できることを見出してきた[1]. 今回,基板オフカット方向と双晶ドメイン発生の関係について報告する. オフカット方向が異なる Si(111) 4°微傾斜基板にそれぞれ α-In_2Se_3 を MBE 成長 (成膜時間:1h,基板温度 450℃,Ⅵ/Ⅲ比 ~160) させ,基板と膜の結晶方位の関係を, XRD の極点図測定を用いて解析した. また,AFM を用いて α-In_2Se_3 膜の表面観察を行った. Fig.(a)と(b)にそれぞれ基板オフ方向[1 -1 0],[1 1 -2]の Si (111) 4°微傾斜基板上 α-In_2Se_3 薄膜の α- In_2Se_3 (0 1 17) 結晶面における XRD (φ スキャン)の結果を示す. 単結晶で 3 回対称性を有する α- In_2Se_3 (0 1 17)結晶面の X 線回折ピークが,Fig(a)では[-1 -1 2]と 60°回転した [1 1 -2]方向の二方向に現れており, Fig (b)では [-1 -1 2]方向のみに現れた. また,Fig(c)と(d)の AFM 像より,両方の基板上で α-In_2Se_3 薄膜がステップフローで成長している.しかし,[1 -1 0]方向ステップ表面上ではおよそ 120°のジグザグのステップ端を形成している.一方,[1 1 -2]方向ステップ表面上では直線のステップ端を形成している. これは,微傾斜基板それぞれのステップ構造を反映しており,これが α-In_2Se_3 の双晶ドメイン発生の有無を決定していることを示すものであると考えられる.



(a) off-cut toward [1 -1 0] (b) off-cut toward [1 1 -2] (c) off-cut toward [1 -1 0] (d) off-cut toward [1 1 -2]

Fig. α-In_2Se_3 thin film on Si(111)4° vicinal substrate (a),(b) XRD (φ scan) of α-In_2Se_3 (0 1 17), and (c),(d) AFM images of α-In_2Se_3 surface (range :1μm^2)

謝辞 : 本研究の一部は,NEDO の委託事業および JSPS 科研費 18K04963 のもと実施されたものである.

参考文献 : [1] Nobuaki Kojima, Yu-Cian Wang, Kei Kawakatsu, Yoshio Ohshita, Masashi Yamaguchi, Proc. 2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC7),p.214 (2018).

© 2019年 応用物理学会