MBE 成長時の基板温度が B-doped $BaSi_2$ 膜の特性に与える影響

Influence of growth temperature on the properties of B-doped $BaSi_2$ epitaxial films

筑波大[1]，○杉山 周[1]，山下 雄大[1]，Zhihao Xu[1]，都甲 薫[1]，末益 崇[1]

Univ. Tsukuba[1],○Shu Sugiyama[1], Yudai Yamashita[2], Zhihao Xu[1], Kaoru Toko[1], Takashi Suemasu[1]

E-mail: bk201613074@s.bk.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

我々は薄膜太陽電池の新材料として $BaSi_2$ に注目している。$BaSi_2$ の禁制帯幅は $E_g = 1.3$ eV と太陽電池に適した値であり、光吸収係数は 1.5 eV の光子のエネルギーに対し $\alpha = 3\times10^4$ cm^{-1}、少数キャリア拡散長は 10 μm とどちらも薄膜太陽電池として十分な値である[1,2]。近年、Sb-doped n-$BaSi_2$/B-doped p-$BaSi_2$ ホモ接合太陽電池で世界初動作が確認された[3]。本構造で高い効率を得るには、光吸収層である B-doped p-$BaSi_2$ 中に存在する欠陥の発生を抑制させる必要がある。また undoped $BaSi_2$ の場合、光学特性は成長温度と堆積レート比（R_{Ba}/R_{Si}）の影響を大きく受けることが明らかになっている[4,5]。そこで、本研究では成長温度と R_{Ba}/R_{Si} が B-doped $BaSi_2$ の特性に与える影響を調査した。

【実験】

MBE 法により n-Si(111) 基板（$\rho \leqq 0.01$ Ωcm）上に 500 nm の B-doped $BaSi_2$ をエピタキシャル成長した。B セル温度は B 濃度が約 10^{16} cm^{-3} になるように、T_B = 1100 °C に固定した[6]。本研究では成長温度の影響を調査するため、MBE 中の基板温度 T_S を 600, 650 °C と変えた。また、Si 堆積レートを R_{Si} = 0.9 nm/min に固定し、Ba 堆積レート R_{Ba} を変化させることで、R_{Ba}/R_{Si} を変化させた。その後 *in-situ* で $BaSi_2$ のパッシベーション膜である a-Si を 3 nm 堆積した[7]。作製した試料は、ラマン分光法と分光感度測定により評価した。なお、ラマン分光法では Nd:YAG レーザー（波長：532 nm）を用いた。

【結果・考察】

Fig. 1 にラマンスペクトルを示す。すべての試料において、$BaSi_2$ 中の Si_4 クラスターの振動モードである A_g、E_g、F_g モード由来のピークが確認できた。また、Si rich の試料では 520 cm^{-1} 付近で結晶 Si 由来の Si_{TO} ピークが確認でき、膜内に微結晶 Si が析出していることがわかる。Fig. 2 に分光感度スペクトルを示す。T_S = 650 °C, R_{Ba}/R_{Si} = 0.4 の条件下で最も優れた分光感度が得られた。成長温度を上げると分光感度の最適点が Si rich 側にシフトするという結果は、undoped $BaSi_2$ の傾向と一致する[5]。

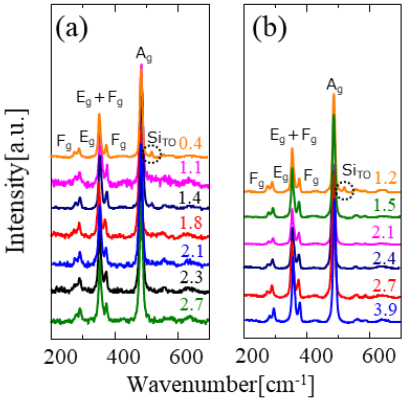

Fig. 1 Raman spectra of B-doped $BaSi_2$ grown at (a) 650 °C and (b) 600 °C with various R_{Ba}/R_{Si}.

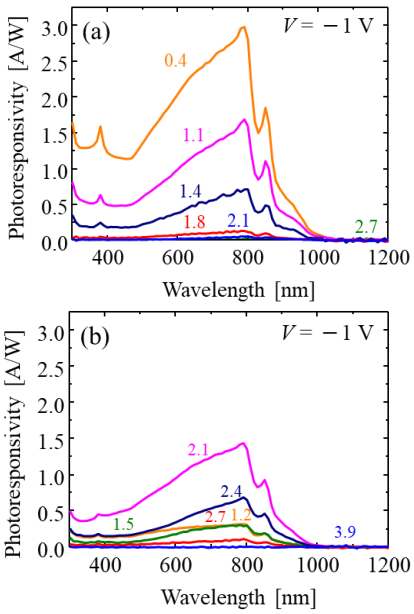

Fig. 2 Photoresponce spectra of B-doped $BaSi_2$ grown at (a) 650 °C and (b) 600 °C with various R_{Ba}/R_{Si} under a vias voltage of −1 V.

【参考文献】

[1] K. Toh *et al.*, J. Appl. Phys. **50** (2011) 068001.
[2] M. Baba *et al.*, J. Cryst. Growth **348** (2012) 75.
[3] K. Kodama *et al.*, Appl. Phys. Express **12** (2019) 041005.
[4] R. Takabe *et al.*, J. Appl. Phys. **123** (2018) 045703.
[5] Y. Yamashita *et al.*, Appl. Phys. Express **12** (2019) 055506.
[6] M. Emha Bayu *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56** (2017) 05DB01.
[7] R. Takabe *et al.*, J. Appl. Phys. **115** (2014) 193510.

© 2019年 応用物理学会