スパッタリング法による B-doped $BaSi_2$ 膜の作製と評価

Characterizations of B-doped $BaSi_2$ films formed by sputtering

筑波大学 [1], 東ソー株式会社 [2]
○長谷部隼 [1], 根本泰良 [1], 小板橋嶺太 [1], 召田雅実 [2], 都甲薫 [1], 末益崇 [1]
Univ. Tsukuba [1], Tosoh Corporation [2]
○H. Hasebe[1], T. Nemoto[1], R. Koitabashi[1], M. Mesuda[2], K. Toko[1], T. Suemasu[1]
E-mail: s1711046@s.tsukuba.ac.jp

【背景】

本研究では薄膜太陽電池の新材料である $BaSi_2$ に注目している。$BaSi_2$ は E_g が 1.3 eV と太陽電池の理想値に近く、光吸収係数が 1.5 eV のエネルギーを有する光子に対して 3.0×10^4 cm^{-1} と大きく、少数キャリア拡散長も 10 μm と薄膜太陽電池への応用に十分な値を有する[1]。現在、産業応用向きなスパッタ法を用いて $BaSi_2$ の成膜を行っており、Si 基板上の $BaSi_2$ 膜で V_{bias} = 0.1 V 印加時に 0.67 A/W と MBE 法で作製した $BaSi_2$ 膜に匹敵する分光感度を達成した[2]。作製した $BaSi_2$ 膜を太陽電池デバイスへと応用するためには n、p 型の両伝導型の制御が必要である。しかし、スパッタ法により不純物をドーピングして $BaSi_2$ の伝導型を制御したとの報告はない。本研究では、MBE 法において p 型不純物として実績のある B を用い、B-doped $BaSi_2$ 膜を作製し、p 型伝導とそのキャリア密度の制御を目指した。

【実験】

板状 Ba 原料(1.5 cm^2)を 2 個乗せた 2 インチの $BaSi_2$ ターゲット(東ソー(株)製)と B ターゲットを同時にスパッタし、Si 基板上に B-doped $BaSi_2$ を堆積した。その際、基板温度を 600 °C、Arガス圧力を 0.5 Pa に固定し、$BaSi_2$ ターゲットの RF Power を 30、90 W、B ターゲットの RF Power を 50、100、120 W と調整することで $BaSi_2$ と B の堆積レート比(R_B/R_{BaSi2})を変化させた。さらに、*in situ* で a-Si キャップ層を 3 nm 堆積した。その後、試料表面に直径 1 mm、厚さ 80 nm の ITO 電極を、裏面に厚さ 150 nm の Al 電極を堆積した。光学特性を分光感度測定、電気特性をホール測定により評価した。

【結果】

Fig. 1 に V_{bias} = 0.5 V 印加時の分光感度スペクトルを示す。R_B/R_{BaSi2} の減少に伴い分光感度の値は増大し、R_B/R_{BaSi2} = 0.0072 の試料では最大で 5.2 A/W と undoped $BaSi_2$ と比べて非常に高い値を示した。これは $BaSi_2$ 膜中の Si 空孔を B が埋め、キャリアの再結合を抑制したためと推測される。一方で R_B/R_{BaSi2} > 0.0072 の試料では特性が悪化した。これらの試料では過剰な B が格子間位置に入り、再結合中心として働いたと考えられる。Fig. 2 にホール測定の結果を示す。伝導型はすべての試料で n 型であり、電子密度は R_B/R_{BaSi2} の増加に伴い、増加する傾向が得られた。また、移動度は全ての試料で大きく、850 $cm^2V^{-1}s^{-1}$ を超えていた。p 型伝導にならなかった要因としては、B が Si との置換位置よりも、主に格子間位置に入ったためと推測される。$BaSi_2$ の格子間 B は伝導帯下端の近くに準位を作ることがわかっている[3]。そのため、B の供給量が増加するにつれて、電子密度が増加したと考えられる。以上の結果から本作製条件では B の供給量は過剰であると考えられる。今後は、$BaSi_2$ ターゲット上に B 原料を置くことで B を安定に少量供給し、p 型 $BaSi_2$ 膜の作製を試みる。

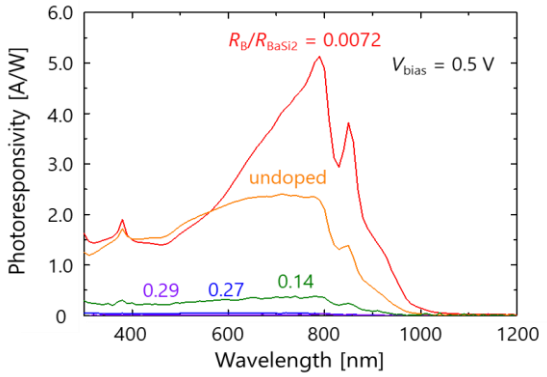

Fig. 1 Photoresponse spectra of B-doped $BaSi_2$ films under a bias voltage of 0.5 V at various R_B/R_{BaSi2}

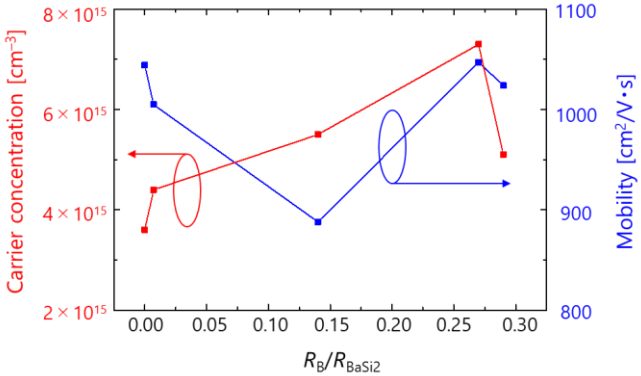

Fig. 2 Carrier concentration and mobility of $BaSi_2$ films formed with various R_B/R_{BaSi2}

[参考文献]
[1] T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D **50**, 023001 (2017).
[2] T. Nemoto *et al.*, Appl. Phys. Lett. **13** 085511 (2020).
[3] Z. Xu *et al.*, J. Appl. Phys. **127**, 233104 (2020).

© 2021年 応用物理学会