スパッタ堆積時における 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], 小板橋嶺太 [1], 木戸一輝 [1], 山下雄大 [1], 召田雅実 [2], 都甲薫 [1], 末益崇 [1]
Univ. Tsukuba [1], Tosoh Corporation [2]
°H. Hasebe[1], R. Koitabashi[1], K. Kido[1], Y. Yamashita[1], M. Mesuda[2], K. Toko[1], T. Suemasu[1]
E-mail: s2120289@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} と大きい[1]。現在、$BaSi_2$ 太陽電池の実用化を目指し、大面積化かつ高速堆積が可能なスパッタ法を用いて $BaSi_2$ の成膜を行っている。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報告例はない。本研究では、MBE 法において実績のある B を p 型不純物として用いている。B 供給源として B-doped Si 片を用いて作製した B-doped $BaSi_2$ では、B 濃度が 3.0×10^{18} cm^{-3} で、目標とする値を得ることができたが、伝導型は n 型であった。スパッタ法で作製した B-doped $BaSi_2$ 膜中の酸素濃度は MBE 法と比較して 2 桁以上高いことがわかっており、過剰な酸素による局在準位が原因で p 型伝導を示さないと考えられる。そこで、$BaSi_2$ 組成比の変調、水素プラズマの照射を行うことで酸素による局在準位の低減を試み、p 型 B-doped $BaSi_2$ 膜の作製手法の確立を目標とする。

【実験】

$BaSi_2$ ターゲット（東ソー(株)製）、Ba ターゲット、B-doped Si ターゲットを同時スパッタし、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 0.65 Pa に固定し、$BaSi_2$ ターゲットへの投入電力（P_{BaSi2}）を 30 W、B-doped Si ターゲットへの投入電力（P_{Si}）を 10 W で固定し、Ba ターゲットへの投入電力（P_{Ba}）を 0-30 W で変調して $BaSi_2$ の組成比を変化させた。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。その後、最も優れた光学特性を示した試料に対して、水素プラズマを室温下で投入電力 450 W、処理時の圧力を 10 Pa とし、0–20 min で照射した。

【結果】

Fig. 1 に P_{Ba} を変調した際の分光感度スペクトルを示す。P_{Ba} = 10 W の試料で最大の分光感度を示し、値は 1.5 A W^{-1} であった。このことから P_{Ba} = 10 W の試料で最も $BaSi_2$ の組成比がストイキオメトリに近づき、低欠陥密度を達成したと考えられる。しかし、ホール測定より、試料の伝導型は n 型であった。次に P_{Ba} = 10 W の試料に水素プラズマを照射した際の分光感度スペクトルを Fig. 2 に示す。水素プラズマの照射時間が 1 min の試料は、水素プラズマを照射する前の試料と比較して分光感度が 1.9 A W^{-1} に向上した。これは、水素照射が欠陥の不活性化に効果があることを示し、照射時間が長くなると、逆効果となった。これらの結果は、エピタキシャル膜で得られた結果と同様である。しかし、依然として伝導型は n 型であった。今後は、ロードロックチャンバーを付けることで膜中への酸素混入量の低減を試み、p 型 B-doped $BaSi_2$ 膜の作製を目指す。

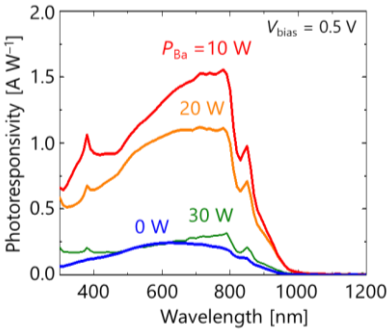

Fig. 1 Photoresponse spectra of B-doped $BaSi_2$ films under a bias voltage of 0.5 V at various P_{Ba}.

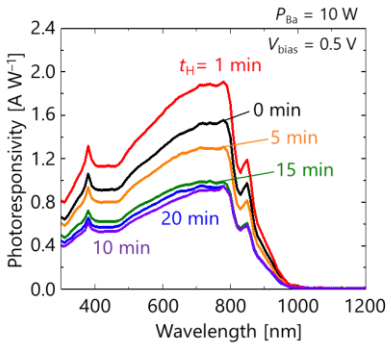

Fig. 2 Photoresponse spectra of B-doped $BaSi_2$ films after H plasma treatment under a bias voltage of 0.5 V at P_{Ba} = 10 W

[参考文献]
[1] T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D **50**, 023001 (2017).

© 2022年 応用物理学会