Sb_2S_3 固体型増感太陽電池の界面パッシベーションによる光電変換特性の向上

Photovoltaic properties of Sb_2S_3 sensitized solid state solar cell with ZnS passivation

○藤野 秀一朗 [1], 中澤 直樹 [1], 堀 奏江 [1], 上坂 太一 [1], 大図 修平 [1], 豊田 太郎 [1], 早瀬 修二 [2], 沈 青 [1]
電通大基盤理工 [1], 九工大生命体工 [2],

○Shuichiro Fujino[1], Naoki Nakazawa[1], Kanae Hori[1], Taichi Kamisaka[1], Shuhei Ozu[1], Taro Toyoda[1], Shuzi Hayase[2], Qing Shen[1]

[序論] Sb_2S_3 は、光吸収係数が高く、化学溶液析出(CBD)法により簡便に作製できることから、増感太陽電池の光吸収材料として、注目されている。Sb_2S_3 固体型増感太陽電池において、7.5%[1]のエネルギー変換効率がこれまでに報告され、固体型増感太陽電池の中では高い水準ではあるが、理論効率 33%[2]よりまだ遥かに低いのが現状である。近年の研究から界面制御が重要であることが明らかとなり、界面パッシベーションを施すことにより、光電変換効率を向上させた。一方、界面における電荷注入と再結合のメカニズムを解明することが増感太陽電池の光励起キャリアの振る舞いを理解する上で非常に重要であり、効率向上に指針を与えることになる。本研究では、界面パッシベーションにおける電荷注入と再結合への影響を解明するために TiO_2 ナノ構造電極と Sb_2S_3 の界面に ZnS を用いてパッシベーションを行い、ZnS 回数による光電変換特性と電子注入速度及び再結合の変化について検討を行った。

[実験] TiO_2 ナノ構造電極と Sb_2S_3 の界面に SILAR 法により、ZnS の吸着を行った。ZnS の吸着回数は、0 回~25 回と任意に変化させた。そして、ホール輸送体に P3HT を用いた固体型増感太陽電池を作製し、光電変換特性及び TiO_2/ Sb_2S_3 界面における電荷注入と再結合ダイナミクスを評価した。

[結果と考察] 各試料における光電変換特性の結果を図 1 に示し、各パラメータを表 1 に示す。ZnS の吸着回数の違いにより、Sb_2S_3 固体型増感太陽電池の光電変換特性が顕著に変化した。XRD の結果から、ZnS パッシベーションなしの場合では、酸化物 Sb_2O_3 (Valentinite structure)が形成されたが、ZnS で十分なパッシベーションを行うと（5 回以上）Sb_2O_3 が形成されていないことが判明した。先行研究により、Sb_2O_3 が欠陥準位を形成している可能性が示唆されてきたが、本研究で用いた ZnS が Sb_2O_3 の形成を抑制し、短絡電流密度(Jsc)及び開放電圧(Voc)を上昇させることに成功した。また、パッシベーション回数増加に伴い、Voc の値が高くなっていくことがわかった。過渡開放電圧測定の結果から、ZnS のパッシベーション層により、TiO_2/Sb_2S_3 界面での再結合を抑制しキャリア寿命が長くなったことが分かった。一方、ZnS の吸着回数が 5 回よりも多くなると、Jsc は減少していくことが見られた。これは、ZnS 膜がある厚さ以上になると、Sb_2S_3 から TiO_2 への電子注入が難しくなるためだと考えられる。過渡吸収の測定結果により、ZnS の吸着回数 20 回の試料における電子注入速度は吸着回数 5 回と比べおよそ 20 倍程度遅くなったことが判明した。以上の結果より、TiO_2/ Sb_2S_3 界面でのパッシベーションは電子注入と電荷再結合に大きな影響を与えることが明らかとなった。最適な界面パッシベーションを行うことにより、さらなる光電変換特性の向上が期待される。

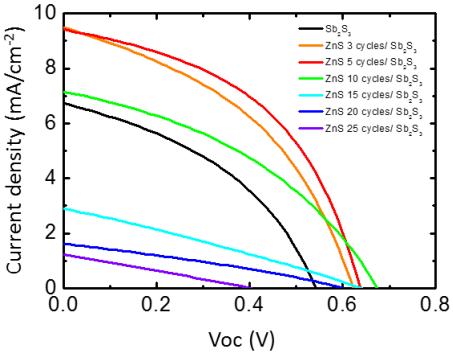

図1 光電変換特性の結果

表1 各パラメータの値

	J_{SC} (mA/cm^2)	V_{OC} (v)	FF	PCE (%)
Sb_2S_3	6.60	0.537	0.403	1.43
ZnS 3/Sb_2S_3	9.47	0.622	0.422	2.49
ZnS 5/Sb_2S_3	9.48	0.637	0.466	2.82
ZnS 10/Sb_2S_3	7.20	0.673	0.390	1.89
ZnS 15/Sb_2S_3	3.00	0.639	0.274	0.524
ZnS 20/Sb_2S_3	1.70	0.602	0.287	0.300
ZnS 25/Sb_2S_3	1.23	0.418	0.132	0.132

[1] Y.C. Choi et al., *Adv. Funct. Mater.*, **24**, 3587-3592, (2014).
[2] W. Shockley, H.J. Queisser, *J. Appl. Phys.*, **32,** 510, (1961).

© 2018年 応用物理学会