NLO 膜を用いた透明太陽電池の開発と機能性窓への応用

Development of Transparent Solar Cells using NLO Film and Its Application to Super-Smart Windows

市岡　大志、桐田　直志、吉田博行、○森田 廣（山口東京理科大工）

Taishi Ichioka, Naoyuki Kirita, Hiroyuki Yoshida, ○Hiroshi Morita

(Tokyo University of Science, Yamaguchi, Faculty of Engineering)

E-mail: h.morita@rs.tus.ac.jp

1　背景と概要

我々は太陽光発電の観点からは、これまであまり目を向けられていなかった、紫外線に着目している。可視光は透過させて利用し、紫外線を吸収して発電する太陽電池の実現を目指している。太陽光は元々希薄かつ時間変動が大きいうえに、紫外線のスペクトル全体の占める割合が少ない難点がある、微弱で不安定な発電源だが，窓や壁などの固定された部分で積分蓄積を行えば有効活用できる。透明太陽電池の発電効率の向上のために、透明半導体層のうち、p 型半導体 NiO に注目して検討を行い, Li を添加することにより太陽電池特性を向上できることを見出した[1)]。Li を添加した NiO を NLO と称する．さらに、本研究では、透明太陽電池層で発電した電力を利用して、機能性窓を構成することを究極の目的とする。その手始めに、エレクトロクロミック（EC）層を着消色して、窓を遮光制御することを試みている[2)]。

2　実験方法

NLO の形成は NiO と Li_2O の組成を自由に変えられる二元電子ビーム蒸着法により行った。p 型半導体として NLO 薄膜、n 型半導体として ITO や ZnO 薄膜を各々100nm 積層形成し、太陽電池構成を，ITO/NLO/ZnO/ITO/Glass とした。様々な膜特性の評価と主に光起電力特性を紫外線や可視光照射下での I-V 測定で評価した。また、固体 EC 積層層として WO3 薄膜と NiO 薄膜の着色極性相補構造で着色効率の向上を図った、ITO/NiO/Ta2O5/WO3/ITO/Glass の構成を設計し、EC 層を各々100nm に、固体電解質層（Ta2O5）を 300nm に積層して、太陽電池での着消色が可能であるかを確認した。

3　実験結果

NLO 膜は、成膜直後に着色がみられたが空気中で熱処理を行うことで、透過率が上昇し十分な透明性が確保できた。この膜を，n 型半導体膜(ITO，ZnO)に積層して太陽電池を構成し、特性を測ると，UV 光の下で光起電力がみられ、NiO 膜を用いた場合に比べても、I-V 特性を大幅に改善した透明太陽電池が実現できることが分かった。また、積層形成した EC 着消色体を上記透明太陽電池からの発電電流で着消色を行った結果を写真に示す。ITO 電極の電圧降下の影響があり短時間では電極近傍しか確認できなかったが、確かに遮光制御できることが確認できた。

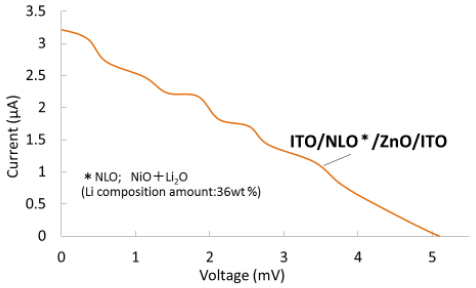

Fig.1　I-V characteristics under the black light irradiation.

Photo.1　Coloration by solar cell.

4　検討と結論

NiO 膜は酸素過剰の状態にあるとされており、これに K^+や Li^+をドープして正孔キャリア濃度を制御にできれば、種々の p 型層が設計できる。実際に、電子ビーム蒸着法による Li 添加 NiO 層（NLO 層）を用いて試作した透明薄膜太陽電池では、わずかだが確実に光起電力特性の向上がみられた。さらに、Li の添加量や膜中の均一な存在分布をもたらす熱処理条件を最適化することにより特性を向上できる。また、発電したエネルギーによりガラス窓に遮光機能を付加することも可能であることを検証した。今後、半導体薄膜の膜質と太陽光発電効率との関係を追及し、透明太陽電池特性の向上と機能性窓の実現を目指したい。

参考文献

[1] 加藤他：「透明太陽電池用 p 型酸化ニッケル膜の作製とその物性」平成 25 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会 Oct.19,2013

[2] H.Morita et.al..Super Smart Window-its Design and Some Early Research,MEET4-4, Proceedings of IDW2014 (2014.12.Niigata)

© 2016年 応用物理学会