

修士論文の和文要旨

研究科・専攻	大学院 電気通信学研究科 量子物質工学専攻 博士前期課程		
氏名	名田 允洋	学籍番号	0733045
論文題目	色素増感太陽電池における TiO ₂ ナノ結晶へのドーピング効果の研究		

色素増感太陽電池 (Dye-sensitized solar cells: DSC) は 1991 年に O'Regan¹⁾ らが発表して以来多くの研究機関においてその太陽電池変換効率は改善され、現在は 11 % 台にまで達している²⁾。本研究は更に変換効率向上を目指す上で TiO₂ ナノ結晶の電気的特性に着目し、本来絶縁体である TiO₂ ナノ結晶薄膜に Li₂O, Nb₂O₅ 等の金属酸化物をドーピングし、その電気的特性ならびに DSC の変換効率要素への効果を検討した。

色素担持および電子輸送層に相当する TiO₂ ナノ結晶は本来絶縁体であり、DSC における TiO₂ の電子輸送機構は未だ解明されていない。しかしその電子輸送機構において電解液中の Li⁺ の重要性が報告されており、Nakade³⁾ らは Li⁺ 濃度に依存して TiO₂ 内の電子の電子拡散係数が変化し、ambipolar model に従うことを見出している。本実験ではまず最初に、Li₂O をドーパントとして TiO₂ ナノ結晶薄膜への Li ドーピングを試みた。ドーピングはドーパントを混ぜた TiO₂ ペーストの焼結(500 °C)による熱拡散より試みた。TiO₂ ナノ結晶内における Li⁺ の存在は、coulomb 相互作用から考えると ambipolar model の極限状態に相当する。

次に、光触媒作用で現在注目されているドーパントである Nb₂O₅ を用いて TiO₂ ナノ結晶薄膜への Nb ドーピングを試みた。TiO₂ への Nb ドーピングは MOCVD 等のエピタキシャル成長においては既に報告されており、Nb⁵⁺ が Ti⁴⁺ を置換することでドナー化する⁴⁾。このように、ドーピングによって TiO₂ の電子濃度が高くなれば、TiO₂ の Fermi level が向上し、結果として DSC における光起電力の改善が期待される。

Li₂O および Nb₂O₅ ドープ TiO₂ ナノ結晶薄膜に関して、高インピーダンスの電気伝導度測定および Hall 効果測定を行ない、そのドーピング機構について考察した。また、ドーピングを施した DSC の太陽電池変換効率を測定し、TiO₂ ナノ結晶薄膜の最適なドーピング条件、および電気的特性との相関を検討した。図 1 はソーラーシミュレータによる Li₂O ドープ、Nb₂O₅ ドープサンプルとアンドープサンプルの光照射下 *I-V* 特性の比較である。Li₂O, Nb₂O₅ ドープサンプルはどちらも開放電圧 (*V*_{oc})、フィルファクタが向上していることが確認できた。この理由として Li₂O は TiO₂ 内で interstitial donor として働き、TiO₂ ナノ結晶薄膜の Fermi level を向上させ、*V*_{oc} が上昇したと考えられる。一方、Hall 効果測定より Nb₂O₅ のドナー化は確認されず、TiO₂ よりも高い伝導帯端を持つ

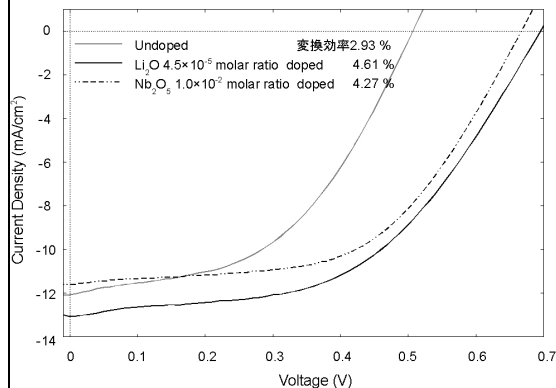


図1. Li₂Oドープ、Nb₂O₅ドープ、およびアンドープTiO₂ナノ結晶薄膜のDSCの光照射下*I-V*特性。AM1.5, 受光面積0.237 cm²。測定値の安定性のため、tert-butyl pyridine等の特別な処理はせず、電極距離を大きくした(500 μm)。

Nb₂O₅ が TiO₂ をパッシベーションし Nb₂O₅/TiO₂ ヘテロ界面で電荷再結合が抑制され、DSC の変換効率が改善したと考えられる。

参考文献

- 1) B. O'Regan and M. Grätzel: Nature **353**, 737 (1991).
- 2) Y. Chiba, A. Islam, Y. Watanabe, R. Koyama, N. Koide, and L. Han: Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 639 (2006).
- 3) S. Nakade, S. Kambe, T. Kitamura, Y. Wada, and S. Yanagida: J. Phys. Chem. B **105**, 9150 (2001).
- 4) T. Hitosugi, A. Ueda, S. Nakano, N. Yamada, Y. Furubayashi, Y. Hirose, T. Shimada, and T. Hasegawa: Appl. Phys. Lett. **90**, 212106 (2007).