

博士論文を要約したもの

博士論文題目

溶液プロセスを用いた硫化鉄太陽電池の電子構造評価に関する研究

氏名 土江 貴洋

(要約)

本研究は、硫化鉄(FeS_2)太陽電池が低変換効率である原因として、ヘテロ接合における電子構造に着目し、溶液プロセスにより作製した太陽電池のバンドオフセットを評価した。さらに、高効率化に必要な要素技術として、量子ドットを提案し、新規プロセスによる FeS_2 量子ドットの作製を検討した。

静電噴霧法を用いた FeS_2 薄膜、化学溶液法を用いた ZnS 薄膜の作製を行い、得られた単膜のバンド図の評価を行った。その結果、 FeS_2 薄膜において 2 種類の前駆体材料により作製された FeS_2 薄膜のイオン化ポテンシャル、フェルミ準位は前駆体に依存しない一方、 FeCl_3 を前駆体とした場合にバンドギャップが狭くなることが確認された。作製された FeS_2 薄膜は、前駆体に依らず p 型であり、より高品質な薄膜を得ることが可能な Fe-AA が前駆体として適していることが明らかとなった。また ZnS 薄膜はバンドギャップ 3.8 eV に対して、 $\Delta(E_F - E_V)$ が 1.4 eV と、一般的に報告される n 型ではなく、p 型半導体の値であることが明らかとなった。これらの原因として硫黄の導入量が伝導性に寄与することが示唆された。

FeS_2/ZnS ヘテロ接合界面のバンドオフセット評価を行った。まず積層順の影響について検討するため、TCO, ZnS への硫化アニールをそれぞれの薄膜に対して行い、バンド図を評価した。その結果、 ZnS 薄膜のバンド図が変化することが確認され、素子作製プロセスを考慮に入れた材料物性の制御が必要であることが示された。また FeS_2/ZnS 太陽電池素子の変換効率が 0% である原因として、 FeS_2/ZnS 界面において 1.3 eV の Type I 型バンドオフセットが存在することを明らかにした。

バンドオフセット低減のため、量子閉じ込め効果による FeS_2 のバンドギャップの拡大を提案した。そのため静電噴霧法による粒子サイズ制御法の確立と、 FeS_2 量子ドットの作製を行った。これまで、静電噴霧により生成した液滴径と、溶液フローレートの関係は μm スケールの液滴における議論が中心であったが、本研究により nm スケールにおいても適用可能であることが初めて示された。またレイリー分裂による粒子の微小化に成功し、最小粒径は、 ZnS 系において 3.4 nm、 FeS_2 系において約 5 nm と、量子ドットスケールの粒子が作製可能であることが示された。