

論文要旨

本論文は高効率、低コスト太陽電池材料として期待される亜酸化銅 (Cu_2O) の、安価で高品質な薄膜の作製とその物性制御方法についての研究をまとめたものである。

反応性スパッタリング法によって作製した Cu_2O 薄膜は、その作製条件により組成、結晶粒径、またホール移動度、抵抗率などの電気的特性、さらに光学的特性などを制御することができ、特にホール移動度は最大で $60 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ とアンドープ Cu_2O 薄膜の値としてこれまでに報告されている中で最大級のものが得られた。さらに不純物ドーピングにより Cu_2O の物性制御を試みたところ、特に N と Si が有効なアクセプタドーパントになることを発見した。これらはそれぞれ異なるメカニズムでアクセプタを形成すると考えられ、N は置換型不純物として、Si はシリケートの形成というモデルによってそれぞれ説明される。またこの Si ドーピングの成果は、酸化物半導体の新しい物性制御方法として提案され、今後多方面での応用も期待できる。

Cu_2O は単極性が強く、元来 p 型であり n 型化は困難とされるが、本研究ではこの Cu_2O の n 型化という課題にも取り組んでいる。Mg、Sn、Pb などいくつかの不純物元素ドーピングで n 型化の兆しが見られたが、再現性に問題があり、現段階ではまだ良好な n 型化技術は確立できていない。この課題については Cu_2O の自己補償効果の抑制、つまりアクセプタの形成を抑制しながらドナを導入するための新技術の開発が求められる。

得られる Cu_2O 薄膜は多結晶であり、多くのダングリングボンド欠陥を含むと考えられる。また不純物ドーピングによって例えば酸素抜け、つまり Cu のダングリングボンドなど新たなドナ性欠陥が形成される可能性があるが、これらの欠陥の影響を水素及びシアン処理によって低減化することができた。

最後に本研究で得られた Cu_2O 薄膜を利用したデバイスへの応用について、ZnO とのヘテロ接合を中心に今後の展望を示す。