

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高移動度・高ヘイズを有する薄膜シリコン太陽電池用フッ素ドーパ酸化スズ透明導電膜の研究
Title(English)	Study of Fluorine Doped Tin Oxide Transparent Conductive Oxide Films with High Mobility and High Haze for Thin-Film Silicon Solar Cells
著者(和文)	一色眞誠
Author(English)	Masanobu Isshiki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9631号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小長井 誠,山田 明,中川 茂樹,間中 孝彰,宮島 晋介
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9631号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	一色 眞誠	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小長井 誠	教授	宮島 晋介	准教授
	審査員	山田 明	教授		
		中川 茂樹	教授		
間中 孝彰		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of Fluorine Doped Tin Oxide Transparent Conductive Oxide Films with High Mobility and High Haze for Thin-Film Silicon Solar Cells (高移動度・高ヘイズを有する薄膜シリコン太陽電池用フッ素ドープ酸化スズ透明導電膜の研究)」と題し、英文7章より構成されている。

第1章「Introduction」では、地球温暖化問題を解決していくためには、単純計算で85TWの再生可能エネルギーが必要であり、また再生可能エネルギーの中でも太陽光発電が重要な技術の一つであると述べている。さらに将来、数10TW規模の太陽電池を製造するには、資源量に限界のない薄膜シリコン太陽電池の大規模な実用化が望まれると述べている。

第2章「Fundamental Properties of Transparent Conductive Oxide for Thin-Film Silicon Solar Cells」では、薄膜シリコン太陽電池に用いられる透明導電膜(TCO)の電気的特性、光学的特性について概説し、近赤外での光吸収に支配的であるフリーキャリア吸収を減らすには高移動度化が必要であること、近赤外光を効率よく薄膜シリコン太陽電池の光吸収層に吸収させるためには長波長での高ヘイズ率化が必要であることを述べ、移動度80cm²/Vs、ヘイズ率90%(波長1000nm)を研究開発の目標値として設定している。

第3章「Improving Mobility of SnO₂:F Thin Films by Low-Pressure Chemical Vapor Deposition and Temperature Gradient」では、従来、大気圧CVDにて60cm²/Vs程度の比較的高移動度が得られていた原料系(SnCl₄+H₂O)を減圧CVDに適用することにより72.5cm²/Vsの移動度を得ている。また移動度が極大となる製膜温度が膜厚によって異なることを見出し、製膜中に温度傾斜をつけることにより77.5cm²/Vsの高移動度を達成している。

第4章「Scattering Mechanisms in SnO₂:F Films」では、本研究で得られたSnO₂:F膜における移動度のキャリア濃度依存性、温度依存性の測定結果と、各種散乱機構から導かれる移動度の理論値が概ね一致することを示し、高キャリア濃度側ではイオン化不純物散乱、低キャリア濃度側ではグレイン境界散乱が主な散乱機構であることを示している。縮退型半導体に適用できる理論を用いて実測値と理論値の一致を示したのは、本研究が初めてである。またノンドープ層/Fドープ層を積層することにより、結晶配向を保ったままグレインサイズを変化させる検証試験を行い、上記の散乱機構のモデルが正しいことを示している。

第5章「Fabrication of SnO₂:F Films with Both Very High Haze and High Mobility」では、高移動度を保ったまま高ヘイズ率を実現する技術について述べている。ガラス基板表面にReactive Ion Etching(RIE)処理により凹凸を形成し、その上にTCOを製膜する高ヘイズ率化技術(W-textured TCO)は、すでにZnOを対象に開発されている。ところが、この技術を高移動度を持つSnO₂:Fに適用すると移動度が大幅に低下することを明らかにし、この課題を解決するため、ノンドープ/Fドープ層の積層構造を提案している。この積層構造の提案により、高移動度、高ヘイズ率の両条件を満たす基板の作製に成功したと述べている。さらにRIE処理の圧力制御により超高ヘイズ率化にも成功し、第2章で示した目標値を達成している。

第6章「New Method to Measure Whole-Wavelength Transmittance of TCO Substrates for Thin-Film Silicon Solar Cells」では、前章で述べたW-textured TCOの透過率測定時にガラス端面から光漏れが発生し、従来する方法(IM法)ではこれを解消できないことを指摘し、積分球内にサンプルを設置する新規測定方法の提案を行っている。また、新測定方法の透過率と太陽電池の量子効率スペクトルに明確な相関があることを実験的に示し、この方法が、従来法に替わるより精密な測定法であると述べている。

第7章「Conclusions and Future Prospects」では、本研究で達成された成果を要約し、今後の更なる改善に向けた技術課題と解決策について述べている。

以上を要するに、本論文は、薄膜シリコン太陽電池用の高透過率・高ヘイズ率SnO₂透明導電膜を開発するために、減圧CVD法の研究開発を行ったもので、移動度80cm²/Vs、ヘイズ率90%(波長1000nmにて)を達成するなど工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分に価値のあるものと認める。