The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Structure and Electrical Characterization of Polycrystalline Silicon for High Efficiency Thin Film Solar Cells
Author(s)	Riza, Muhida
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45043
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名	RIZA MUHIDA（リザ ムヒダ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学 位 記 番 号	第　18803　号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	Structure and Electrical Characterization of Polycrystalline Silicon for High Efficiency Thin Film Solar Cells （高効率薄膜太陽電池開発へ向けた多結晶シリコンの構造及び電気的評価）
論 文 審 査 委 員	（主査） 教　授　岡本　博明 （副査） 教　授　奥山　雅則　　教　授　高井　幹夫

論 文 内 容 の 要 旨

シリコン薄膜 p-i-n 構造太陽電池において、その高性能化を図る上で必須である光活性 i 層を構成する低温成長多結晶シリコン（poly-Si）薄膜の構造と電気的特性、特に成長方向の電気伝導特性に関して、一連の系統的な研究を行った。

まず、作製条件の異なる i 層 poly-Si 薄膜の交流伝導率の温度特性評価を行った。大きな結晶粒を有する結晶化率の高い（～80%）poly-Si 薄膜において n 形化が観測された。膜の n 形化は、p-i-n 構造太陽電池の開放電圧低下の要因の一つとなることから、本評価方法は、太陽電池性能向上のために有用であることが確認された。

また、同評価方法で、光電流増加に向け、光閉じ込め効果に優れたテクスチャ構造基板上に作製した poly-Si 薄膜の評価を行った。製膜条件一定にもかかわらず基板表面ラフネスが増大することにより、膜が n 形化することを明らかにした。これは、成長方向が異なる結晶粒の境界にクラックが生成されるため、そこに取り込まれた微量酸素がドナーとして活性化していることにより n 形化すると推察される。

次に、走査型プローブ顕微鏡を用いて表面形状像と局所電流像を同時観測した。太陽電池として適した条件においては、poly-Si 薄膜中の結晶粒近傍を中心に局所電流が流れることを確認した。加えて、同一製膜条件で膜厚だけが異なる試料においては、局所電流の平均値は、膜厚の厚い試料の方が2桁以上増加することが明らかになった。透過電子顕微鏡断面像と合わせ、これまで表面気相反応だけで記述できると考えられてきた poly-Si 薄膜の結晶成長機構は、表面気相反応とともに基板方向への固相成長が同時に生じる機構であることを初めて提言した。

最後に、テクスチャ構造基板上に作製した poly-Si 薄膜において、テクスチャの山と谷部において結晶成長の仕方が異なることに応じて局所電流経路が変化することを議論した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

太陽光発電の大量普及にむけて必要不可欠な高効率高性能太陽電池とその大幅な低価格化を実現するために、最も

有望視されている薄膜シリコン系太陽電池の高性能化と高スループット化が最重要課題とされている。近年、非熱平衡プロセスにより製膜された低温多結晶シリコン（poly-Si）薄膜は、同様の製膜技術で培われてきたアモルファスシリコンを凌ぐ高性能高安定太陽電池材料として脚光を浴び、その実用化を目標とした基礎的研究が世界中で展開されている。しかしながら、低温 poly-Si 薄膜は、結晶相とアモルファス相が混在するといった不均一材料であるために、その材料物性の理解と高性能太陽電池実現への具体的ガイドラインが確立されていないのが現状である。本論文は太陽電池高効率化に向けた poly-Si 薄膜の材料物性制御とキャリア輸送評価を介したプロセス最適化を目的として行った一連の実験的研究の成果と、そこから得られた知見をまとめたものである。

本論文ではまず、作製条件の異なるノンドープ（i 形と称する）poly-Si 薄膜の交流導電率の温度特性測定を行った結果について述べている。大きな結晶粒を有する結晶化率の高い（～80%）poly-Si 薄膜において、p-i-n 構造太陽電池の開放電圧低下の要因となる n 形化が生じていることが明確に示されている。また、同評価方法で、光電流増加に向け、光閉じ込め効果に優れたテクスチャ構造基板上に作製した poly-Si 薄膜の評価を行っている。製膜条件一定にもかかわらず基板表面ラフネスが増大することにより、膜が n 形化することが発見され、これは、成長方向が異なる結晶粒の境界にクラックが生成されるため、そこに取り込まれた微量酸素がドナーとして活性化することに起因するとの推測を行っている。ここで導入された新しい材料評価技術、そしてそこから得られた知見は、太陽電池性能向上に向けた材料設計・プロセス改善において重要な指針を与えるものである。

次に、走査型プローブ顕微鏡を用いて表面形状像と局所電流像を同時観測している。太陽電池として適した条件においては、poly-Si 薄膜中の結晶粒近傍を中心に局所電流が流れることを確認し、さらに、同一製膜条件で膜厚だけが異なる試料においては、局所電流の平均値は、膜厚の厚い試料の方が 2 桁以上増加することを見いだしている。透過電子顕微鏡断面像と合わせ、これまで表面気相反応だけで記述できると考えられてきた poly-Si 薄膜の結晶成長機構は、表面気相反応とともに基板方向への固相成長が同時に生じる機構であるとの新規モデルを提起している。この機構モデルには、今後のより詳細な検証作業が必要ではあるが、薄膜形成・太陽電池製造プロセス分野へのインパクトは絶大であり、poly-Si 薄膜太陽電池の超高効率化・量産化におけるブレークスルー的新技術開発に繋がる可能性を秘めている。

以上の研究成果は、poly-Si 薄膜の成長機構、電気物性とその太陽電池実用化にむけた先導的な貢献をしたものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。