

Title	水素化アモルファスシリコンの光誘起構造変化に関する研究
Author(s)	清水, 耕作
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41501
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	清 水 耕 作
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14724 号
学位授与年月日	平成11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	水素化アモルファスシリコンの光誘起構造変化に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 岡本 博明 (副査) 教授 蒲生 健次 教授 奥山 雅則 助教授 服部 公則

論文内容の要旨

アモルファスシリコンに於ける Staebler-Wronski 効果(光伝導度, 暗導電率の低下, 中性ダングリングボンドの増加, 及びアニールによる回復現象)について偏光エレクトロアブソープション法を用いて新たな視点からこの現象のメカニズムに関する検討を行い, この光劣化現象が, アモルファスシリコン自身の構造変化を伴ったものであることを世界で初めて発見した。特にその因果関係として, 構造変化が光伝導度・暗導電率の変化及び中性欠陥の増大を引き起こしている可能性が高いことを明らかにした。

偏光エレクトロアブソープション法はアモルファス半導体の構造の乱れを評価する世界的にも新しい方法である。まずこの原理を理論的に明確にし, 実際の評価によってその妥当性を証明した。

Staebler-Wronski 効果として知られるアモルファスシリコンの光劣化現象とその可逆性について, 光照射によって引き起こされる構造の乱れとの比較を行い, 構造の乱れが Staebler-Wronski 効果を引き起こす大きな要因になっている可能性を示した。

また, 偏光エレクトロアブソープション法とは異なる方法によってアモルファスシリコン全体に及ぶ構造の変化を内部応力の変化及び密度の変化の観点から明らかにした。偏光エレクトロアブソープション法がシリコン同士の結合角, 二面角, 結合長といったアモルファス半導体では常に存在しているミクロな構造のゆらぎに起因したものの変化をプローブしたものであるのに対し, 上記方法によって評価した構造の変化は, 局所的な構造の乱れが膜全体に及んだ結果をマクロな観点から観測したものと考えられる。

結局, 光を照射したことによるミクロ及びマクロな構造の変化は, 外部から与えられたエネルギー(この場合は光)がネットワーク中に蓄積され, またある時点で消費されることによって上記現象が誘起されたものであることが理解された。

論文審査の結果の要旨

アモルファスシリコン系太陽電池は, 21世紀の人類文明を支えるクリーンエネルギー源の最有力候補である太陽光発電技術の普及・実用化に必須とされる薄膜系太陽電池群の先鋒として, その量産化が急ピッチで推進されようとし

ている。しかしながら、アモルファスシリコン系太陽電池には、光照射によって、太陽電池性能が低下する“光劣化効果”が存在し、この効果の抑止が図られなければ、発電コストやシステム応用の面で、本格的な実用化は困難であると危惧されている。この光劣化効果は、光照射によって材料中にキャリア再結合中心として働く構造欠陥が誘起されることが根本的原因であることが知られており、アモルファスシリコン系太陽電池が開発されてから20年余にわたって、“局所的な構造欠陥”の観点から、光劣化現象が議論されてきた。本論文は、光劣化現象、あるいは光誘起欠陥生成現象を、アモルファスネットワーク全体に亘る構造乱れなどの構造変化の一側面であるとする新しい概念に基づき、幾つかの新規な構造変化を捕える評価・解析手段を導入し、それを検証するとともに、それらを総合して、光劣化効果を材料設計の側面から抑止するための指針を提案している。

本論文では、まず、アモルファスネットワークの乱れを極めて高い感度で検出することのできる偏光電場変調吸収分光法について、理論的基礎を確立するとともに、その物理的解釈と評価技術の妥当性を、測定条件や材料依存性、さらには他の評価方法との比較から詳細な検証を行っている。

次に、この偏光電場変調吸収分光法を用いて、アモルファスシリコンにおいて、光照射により構造乱れが増大し、かつ熱処理によってそれが回復するといった可逆的“光誘起構造変化”を世界で初めて明瞭に捕えることに成功している。ここで見いだされた重要な観測事実は、構造乱れの変化は、構造欠陥の生成に比較して極めて早い光照射時間で生じ、そして飽和することである。このことは、アモルファスネットワークにおける全体的な構造変化が、局所的な構造欠陥を誘起していることを強く示唆している。

本論文では、さらに、偏光電場変調吸収分光法で観測される微視的なネットワーク構造変化が生じるならば、より巨視的な物理量、例えば、内部応力や密度にも何らかの変化が誘起されるであろうとの観点から、アモルファスシリコン薄膜を乗せた基板の反りを測定するベンディングビーム法、ならびに密度を見積る浮遊法を適応して、構造乱れの変化に対応する光照射条件下で、それに整合した内部応力や密度に光誘起変化が起こることを捕えることに成功している。

最後に、構造乱れや内部応力、密度、それに構造欠陥密度などに係わる上記の観測データ、ならびにそれらの初期材料特性依存性などを総合して、光照射によってネットワーク全体に亘る構造変化が生じ、そこから構造欠陥が誘起されるとの新しい“光劣化機構”を提案し、その抑止策を提言している。これらの新知見は、材料設計の角度から、光劣化抑止策を開発し、アモルファスシリコン系太陽電池の本格的実用化を促進するために重要な位置を占めるものと期待される。

以上の研究成果は、アモルファスシリコン系太陽電池の実用化を巡る課題とその解決策開発に先駆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。