OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	LOCALIZED STATES PROFILE AND CARRIER TRANSPORT IN AMORPHOUS SILICON ALLOYS
Author(s)	堤, 保雄
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3097852
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【 54 】

氏名	堤（つつみ） 保雄（やすお）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 11541 号
学位授与年月日	平成6年9月26日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	LOCALIZED STATES PROFILE AND CARRIER TRANSPORT IN AMORPHOUS SILICON ALLOYS （アモルファスシリコン系合金材料の局在準位とキャリア輸送に関する研究）
論文審査委員	（主査） 教授 浜川 圭弘 （副査） 教授 蒲生 健次　教授 奥山 雅則　助教授 岡本 博明

論文内容の要旨

本論文は著者が大阪大学基礎工学部電気工学科および明石工業高等専門学校電気工学科において行った「アモルファスシリコン系合金材料の局在準位とキャリア輸送」に関する研究成果をまとめたもので，本文7章と謝辞より構成されている。

アモルファスシリコン（a－Si）系合金材料における構造欠陥に基づく深い局在電子状態や構造の乱れに起因するバンド端付近の物性パラメータに関する知見を得ることは，材料物性のみならずデバイス応用の観点から重要な研究テーマである。特に，高効率・高信頼性a－Si太陽電池実現の鍵となる光劣化問題の解決や高品質a－Si系合金材料の開発のためには，局在電子状態やキャリア移動度の系統的評価を踏まえた成膜およびデバイス応用技術の改善が是非とも必要である。本研究では，局在電子状態やキャリア移動度を評価する手法を開発し，その手法を用いてアンドープa－Si系合金材料の系統的研究を行う。

本研究では，まず深い局在準位の評価法としてサブバンドギャップ光を利用した変調光電流分光法（MPCS法）を開発し，アンドープ a－Si 系合金材料の深い局在準位の濃度，エネルギー位置ならびにキャリア捕獲特性ついて系統的研究を行う。その結果，a－Si：H 中の深い局在準位には2種類の欠陥準位が存在し，それらが光劣化現象と深くかかわっていることが判明する。また、アモルファスシリコンゲルマニウム（a－SiGe：H）系合金材料の Si および Ge ダングリングボンドは異なった電子的性質を有していることが明らかになる。この評価法は，高抵抗なアンドープ a－Si 系材料における深い局在位の様子を調べる有効な手段である。深い局在準位を求めるもう一つの評価法として，過渡光電流スペクトルの解析において緩和過程におけるキャリアの多重捕獲・放出伝導を正確に取り扱う時間分解過渡電流法（TPCS法）を開発，a－Si：H 中の両バンド端から約0.25～0.5eV のエネルギー領域の局在準位密度分布を求める。従来の解析法にこの多重トラッピング補正を施すことが，特に短い時間領域に相当する浅い局在準位密度分布に対して重要な意味を持つことが判明する。

次に，バンド端の情報を得る手段として偏光角依存性を持つアモルファス半導体における電場誘起吸収係数変化（EA効果）に関する新しい理論を展開し，バンド端での平均自由行程や移動度などの微視的物性パラメータを求める新評価

法を開発する。実測される EA 信号比は，構造乱れを測るものさしとなり，それよりバンド端近傍での平均自由行程やキャリア移動度が求められる。この新しい評価法を a－Si 系合金材料に適用し，電子および正孔のキャリア移動度を見積る。a－Si：H におけるキャリア移動度は，ほかの電気的測定から推測されると値と一致しており，合金化などによる構造の乱れにともない系統的に変化することが判明する。本評価法は，純粋な光学測定で，移動度など太陽電池性能に直結した物性パラメータを決定できるため，今後，合金膜を含め太陽電池材料の最適化のための重要な情報が得られるものと期待される。

最後に，a－Si 太陽電池のデバイスモデリングを行い a－SiGe：H を用いた単 p－i－n 構造および a－Si／a－SiGe タンデム構造において期待される交換効率と対応する最適禁止帯幅を求められる。結果は，さらなる変換効率の向上には高品質 a－Si 系合金材料の開発が必要であることが示される。

論文審査の結果の要旨

アモルファスシリコン（a－Si）系合金材料は，将来のクリーンエネルギーとして期待されている太陽光発電の実用化の鍵技術である太陽電池の低コスト化プロジェクトのチャンピオン材料として，その高品質・高信頼性化を巡る基礎研究が精力的に進められている。本論文は，こうした流れの中で，太陽電池用高抵抗アンドープ a－Si 系合金材料に適応できる新しい局材準位分光法や移動度評価法の開発と，それらを用いたa－Si系合金材料の基礎物性評価をめぐる一連の研究をまとめたものである。

本論文では，まず変調されたサブバンドギャップエネルギー領域での光電流周波数分解スペクトルを測定し，その解析から深い局在準位の密度，エネルギー位置ならびにキャリア捕獲過程についての情報が得られることを明らかにした。さらに，この手法を様々な a－Si 系合金材料に適用して，その結果から a－SixGe1－x 合金材料においてダングリングボンド欠陥準位位置とキャリア捕獲断面積を広い組成範囲（x＝0－0.8）にわたって決定することに世界で初めて成功した。

次いで，より浅い局在準位の絡んだキャリア緩和過程を観測できる時間分解光電流法を独自の新解析手法とともに導入し，周波数分解法と組み合わせることにより，広いエネルギー範囲の局在準位分布の情報を得ることを試みた。この結果，a－Si 系合金材料中にはキャリア再結合過程で中心的役割を果たすダングリングボンド欠陥準位以外に幾つかの特徴的な欠陥準位が存在することを確認した。そして，強い光励起のもとでは，これらが生成および消滅する過程が生じることが明らかにされた。この成果は a－Si 系合金材料の太陽電池応用における最大課題である光誘起欠陥生成の抑止策開発に向けて，重要な指針を与えるものである。

さらに，太陽電池性能を支配するもう一つの基本的物理量であるキャリア移動度の評価を行った。アモルファス半導体ではバンド端でのキャリア移動度を測定する技術が確立されていないため，本研究では光吸収係数の偏光角に依存した電場誘起変化を利用することを提案し，そのための基礎理論と具体的手法を明らかにした。

最後に，本研究で得られた物性パラメータを基礎にして，a－Si太陽電池のデバイスモデリングを行い a－SiGe を用いた単 p－i－n 構造および a－Si／a－SiGe ダンデム構造において期待される現実的変換効率と対応するa－SiGi合金材料の組成あるいは禁止帯幅を示した。

以上，本研究で開発された局在準位およびキャリア移動度評価法と，それによる新しい知見は，実用化太陽電池を目指した a－Si 系合金材料の高品質・高信頼性化に貢献するところが多大で，本論文は博士（工学）論文として価値あるものと認める。