The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Deep−states Characterization of Hydrogenated Amorphous Silicon by Current Transient Spectroscopy
Author(s)	木田, 浩嗣
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37621
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

【75】

氏名・(本籍)	木田浩嗣（きだ ひろつぐ）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 9522 号
学位授与の日付	平成 3 年 2 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	Deep−states Characterization of Hydrogenated Amorphous Silicon by Current Transient Spectroscopy（電流過渡分光法による水素化アモルファスシリコンの深い状態評価に関する研究）
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘 (副査) 教授 末田 正　教授 蒲生 健次　助教授 岡本 博明

論文内容の要旨

本論文は電流過渡分光法による水素化アモルファスシリコンの深い状態評価に関する一連の研究についてまとめたもので6章より構成されている。

第1章では，まずアモルファスシリコン（以下a−Si）系デバイスの発展に伴い，その性能・信頼性のさらなる向上並びに新機能デバイスへの展開のためには，膜の物性パラメータおよびデバイスの性能評価技術の重要性がますます高まってきていることを述べると共に，その下で本研究の持つ目的と意義を明らかにした。

第2章では，アモルファス半導体中のキャリアの動的振舞いを巨視的に記述する中で，どんな物性パラメータなり物理量を評価すべきかについて議論し，特に結晶半導体における物性パラメータ例えば移動度とかキャリア寿命評価と，アモルファス半導体における評価との状況の違いを指摘する。アモルファス半導体において，非平衡時の特性をより普遍的に特徴付けるためには，寿命値をいろいろな実験条件下で調べるよりも，過剰キャリアの再結合中心となり得る深い局在電子状態に立ち入る必要のあることを実証した。

第3章では，アンドープで高抵抗なa−Si：H中の深い状態密度分布を測定する方法論を確立すべく議論する。手段として用いる接合過渡分光法においては，一般に，深い状態密度がその分光法に固有な重み関数を核として積分変換されたものが，観測されるという事実に着目し，それを厳密に取り扱うことによって，測定信号から正確な状態密度分布を得る解析法を確立した。その結果，接合深さ方法に均一な分布に対しては，状態密度のエネルギー分布を求める問題は厳密に連立線形方程式系に表式化できることを明確にした。

第4章では，第3章の解析に必要な接合の性質を解析することを本来の目的として，a－Si：H系接合のデバイス・モデリングを行い，アモルファス半導体に適合する一次元デバイス・シミュレータを開発した。この結果，このシミュレータを用いて，接合過渡分光法における解析を厳密に行えるだけでなく，任意の深い状態を持ったa－Si：Hデバイスの特性を予測できるようになった。その意味において，これはデバイス評価段階並びにデバイス設計段階の両方に基礎的知見として供にするものであることを明らかにした。

第5章では，前章までで考察し開発した要素技術を統合した一つの評価システムとしての電流過渡分光法（CTS）に関する詳細と結果について述べる。実験でトラップを充填するためのパルスを加える前後の時点において，エネルギーと接合深さの関数であるところのトラップの電子占有率は，デバイス・シミュレーションにより見積られた。その結果，占有率は接合深さ方向に位置の強く依存しており，この事は接合過渡分光法に関与する空間電荷層中の特定の領域を評価することが深い状態を正確に測定するためには重要であることを示唆している。さらに過渡信号において同一の位置に現れ得る電子トラップと正孔トラップを解析するために，2倍の信号を合成して連立線形方程式を結合させることにより，未知数である状態密度を求めることが出来るだけの方程式が得られることを示した。CTSに関する測定と解析により，ギャップ中央付近の深い状態密度のエネルギー分布が明らかになり，またキャリア捕獲断面積に対応する周波数因子がエネルギーに依存する形で表式化した。

第6章では，第2章から第5章までの研究成果を総括し，本研究で得られた主要な結論についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

アモルファス半導体材料が，結晶系材料に比較してもつ最大の特質は，構成元素の組成制御によりその物性パラメータである禁止帯幅等を広い範囲で設計できる点にある。とくに，水素化アモルファスシリコンでは，この特徴に加えて，微量の不純物添加による電気伝導型や伝導度も自由に制御することが可能で，加えて優れた光電特性を備えており，一方製造技術上の点でも大面積薄膜・多層集積化が可能なことから多種光電変換デバイスから薄膜トランジスタにわたる広い応用分野で新機能材料としての重要性が拡大しつつある。本研究は，この材料の光電特性と密接な関係をもち，関連デバイスの性能に大きな影響を与える禁止帯中の深い局在準位の精密評価法の開発を通じて，キャリアの動的振舞いを明らかにするとともに，基礎物性ならびに応用デバイス設計の両分野に新展開をもたらそうとしたものである。

本論文では，まず禁止帯中に局在準位が連続的に分布するアモルファス半導体における光励起あるいは電流注入時などの非熱平衡条件下での，キャリア輸送現象を伝導キャリアと深い局在準位間の動的相互作用を正確に取り入れて議論している。その結果，アモルファス半導体で構成される各種デバイスの動作特性は例えば，これまで単結晶半導体で行われてきたようにキャリア寿命や移動度などの巨視的パラメータを用いて記述することは不可能で，局在準位のエネルギー位置・状態密度の分布およびキャリ

ア捕獲断面積などのより基本的な物理量にまでさかのぼった議論が必要であることを指摘し，その手法を明らかにした。次いで，このような物理量を高抵抗半導体であるアモルファスシリコンにおいて評価する実験的手法として，接合構成を用いた過渡電流分光法を提案し，その厳密な信号処理・解析手法の概念を明らかにするとともに，いくつかの事例について具体的な解析を示した。

次いで，過渡電流信号からの局在準位分布をもとめる解析法の確立を目指して，任意の局在準位分布をもつアモルファス半導体で構成される接合デバイスの動的特性を記述するデバイスシミュレータを開発し，深い局在準位の存在がどのように観測される過渡電流信号に反映されるかを明らかにしている。この結果に基づいて，実際のアモルファスシリコンにおける過渡電流測定とその解析を行い，禁止帯中中央付近に位置する電子および正孔トラップ準位のエネルギー分布とキャリア捕獲断面積のエネルギー依存性を求めている。これらのデータは，アモルファスシリコンを用いたさまざまなデバイス機能で中心的役割を果たす高抵抗なアンドープ層中の局在準位を系統的に明らかにした世界最初の仕事であり，局在電子状態を巡るアモルファス半導体物理の今後の発展に重要な貢献をなすものと期待される。

以上，本論文の成果として開発された局在準位評価法はアモルファス半導体のみならず半絶縁性GaAsなどの高抵抗結晶半導体にも適応できることから，GaAs，VLSI技術の新しい材料評価法として重要な位置を占めるものと考えられる。また，本研究で開発されたデバイスシュミレータはこれらの応用デバイスの特性評価ならびに最適化設計の分野に寄与するところ大であり，本研究は工学博士の学位論文として価値のあるものと認められる。